

Aus dem Institut für Rechtsmedizin  
der Universität München  
Vorstand: Prof. Dr. med. Matthias Graw

Untersuchungen zum Abprallverhalten und Gefährdungspotential  
von abgeprallten Jagdgeschossen  
im Bereich des Grenzwinkels

Dissertation  
zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin  
an der Medizinischen Fakultät  
der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von  
Rolf Eggersmann  
aus Nienburg a. d. Weser

2015



Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät  
der Universität München

Berichterstatter: PD Dr. med. Oliver Peschel

Mitberichterstatter: Prof. Dr. Dr. Andreas Nerlich

Mitbetreuung durch den  
promovierten Mitarbeiter: Assoz. Prof. PD Dr. med. Sebastian Kunz

Dekan: Prof. Dr. med. dent. Reinhard Hickel

Tag der mündlichen Prüfung: 19.11.2015

Meinen lieben Eltern



**Abb. 1 - Franz von Defregger, Prinzregent Luitpold auf der Jagd, 1888**  
Luitpold Karl Joseph Wilhelm von Bayern, Prinzregent von Bayern von 1886 bis zu seinem Tode im Jahre 1912, war für seine Naturverbundenheit und seine ausgeprägte Begeisterung für die Jagd bekannt, die ihren Teil zur Beliebtheit des Prinzregenten beitrugen [24].

Untersuchungen zum Abprallverhalten und Gefährdungspotential  
von abgeprallten Jagdgeschossen  
im Bereich des Grenzwinkels

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1	Einführung	
1.1.1	Das deutsche Jagdwesen	1
1.1.2	Jagdunfälle	1
1.1.3	Jagdunfälle im rechtsmedizinischen Sektionsgut	2
1.2	Einführung in die Problemstellung	3
1.2.1	Jagdunfälle durch abgeprallte Geschosse	3
1.2.2	Falldarstellungen ausgewählter Jagdunfälle	6
1.2.3	Zielsetzung der vorliegenden Dissertation	20
<b>2</b>	<b>Literatur</b>	<b>22</b>
2.1	Grundlegendes zur Ballistik	22
2.2	Jagdausrüstung	23
2.2.1	Waffenarten und Kaliber	23
2.2.2	Munition	26
2.2.2.1	Büchsen- und Flinte- geschosse	26
2.2.2.2	Flintenlaufgeschosse	30
2.2.3	Ansitzeinrichtungen	33
2.3	Der Rikoschettschuß	34
2.3.1	Allgemeines zum Rikoschettschuß	34
2.3.2	Abprallwinkel	42

2.3.3	Grenzwinkel	44
2.3.4	Restmasse und Geschoßdeformation	46
2.3.5	Vergleich bleihaltiger und bleifreier Munition	46
2.4	Wundballistik	49
2.4.1	Grundlagen	49
2.4.2	Wundballistik der Jagdgeschosse	53
2.4.3	Wundballistik abgeprallter Geschosse	57
2.4.3.1	Allgemeines	57
2.4.3.2	Untersuchungen zur Restenergie abgeprallter Geschosse	59
<b>3</b>	<b>Eigene Untersuchungen</b>	<b>61</b>
3.1	Material und Methoden	61
3.2	Ergebnisse	92
3.2.1	Untersuchungen Büchsen- geschosse	92
3.2.1.1	Bleifreies Geschoß RWS Bionic Black .30-06	92
3.2.1.1.1	Abprallwinkel / Grenzwinkel Restmasse / Geschoßdeformation	92
3.2.1.1.2	Seifenbeschuß	99
3.2.1.2	Bleihaltiges Geschoß Norma Oryx .30-06	107
3.2.1.2.1	Abprallwinkel / Grenzwinkel Restmasse / Geschoßdeformation	107
3.2.1.2.2	Seifenbeschuß	113

3.2.1.3	Analyse der Ergebnisse	121
3.2.1.3.1	Abprallwinkel	121
3.2.1.3.2	Grenzwinkel	129
3.2.1.3.3	Restmasse, Geschoßdeformation und Restenergie	134
3.2.2	Untersuchungen Flintenlaufgeschoß	153
3.2.2.1	Abprallwinkel / Grenzwinkel Restmasse / Geschoßdeformation	153
3.2.2.2	Seifenbeschuß	159
3.2.2.3	Analyse der Ergebnisse	165
3.2.2.3.1	Abprallwinkel	165
3.2.2.3.2	Grenzwinkel	165
3.2.2.3.3	Restmasse, Geschoßdeformation und Restenergie	167
<b>4</b>	<b>Diskussion</b>	<b>171</b>
4.1	Fragestellung	171
4.2	Abprallwinkel	172
4.3	Grenzwinkel	175
4.4	Geschoßdeformation und Restmasse	178
4.5	Restenergie	181
4.6	Sonstiges	187
4.7	Rückschlüsse auf Jagdunfälle	188
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>190</b>

6.6.6.6.

# Danksagung

## Erklärung an Eides statt



## **1 Einleitung**

### **1.1 Einführung**

#### **1.1.1 Das deutsche Jagdwesen**

Dem Waidwerk wird in der Bundesrepublik Deutschland heutzutage im Wesentlichen nur noch in der Freizeit nachgegangen. In den meisten Ländern gehört die Marktjagd aus verschiedenen Gründen der Vergangenheit an. Dennoch wuchs die Zahl der Jäger im Laufe des 20. Jahrhunderts deutlich an [27]. So besaßen im Jagdjahr 2010/2011 in der Bundesrepublik Deutschland insgesamt 351.832 Personen einen gültigen Jagdschein. Im Vergleich zum Jagdjahr 1989/1990 beispielsweise (311.257 Jagdscheininhaber) stieg die Anzahl der Jagdscheininhaber um 13,0 %. Allein im Jahr 2011 bestanden 9.559 Personen die Jägerprüfung [12].

Im europäischen Vergleich hat Deutschland allerdings die niedrigste Anzahl von Jägern. Auf 242 Einwohner kommt hierzulande ein Jäger, in Frankreich liegt das Verhältnis bei 1:35 und in Finnland sogar bei 1:17 [78].

#### **1.1.2. Jagdunfälle**

Immer wieder treten während der Jagdausübung Unfälle durch aus Jagdwaffen abgefeuerte Geschosse auf, die teilweise mit mehr oder weniger schweren Verletzungen der Jagdbeteiligten einhergehen, jedoch unter Umständen auch tödlich verlaufen können.

Die wissenschaftliche Untersuchung von Jagdunfällen gestaltet sich relativ schwierig, da es hierfür keine zentrale Erfassung gibt.

Verlässliche Aussagen zur Quantität sind somit erschwert. Naturgemäß gibt es daher eine hohe Dunkelziffer, insbesondere, da Unfälle ohne Todesfolge zum Zwecke der Schadensregulierung teilweise direkt über die Jagdversicherungen weiterbehandelt werden und keine Einbeziehung der Polizei und der Staatsanwaltschaften erfolgt [2, 21].

Ein Zugang zu möglichen Fällen ergibt sich demzufolge hauptsächlich über eine Akteneinsicht bei beteiligten Versicherungen, den zuständigen Staatsanwaltschaften und den jeweiligen Landeskriminalämtern (siehe hierzu 1.2.2 Falldarstellungen ausgewählter Jagdunfälle).

So werden beispielsweise bei der Gothaer Allgemeinen Versicherung pro Jahr ungefähr 5 bis 6 jagdunfallbedingte Todesfälle deutschlandweit gemeldet [11].

Gemäß der als eine der umfangreichsten Arbeiten zum Thema Jagdunfälle einzustufenden Dissertation von Wissmann [29, 79], der 257 im Rahmen der Jagdausübung entstandene Unfälle der Jahre 1961 bis 1992 untersuchte, treten in Deutschland maximal 22 Schußverletzungen pro Jahr auf. Ferner kommt es insgesamt höchstens zu 9 durch Jagdwaffen verursachten Todesfällen pro Jahr. 63 % der Unfälle waren durch Schrotkugeln bedingt (wovon 16,6 % tödlich endeten), 37 % entstanden durch Einzelgeschosse (43,2 % endeten tödlich).

### **1.1.3 Jagdunfälle im rechtsmedizinischen Sektionsgut**

Jagdunfälle spielen im rechtsmedizinischen Sektionsgut quantitativ gesehen eine sehr geringe Rolle.

So kam es im Institut für Rechtsmedizin der Universität München in den Jahren 1989 bis 2009 lediglich zu einer einzigen für die vorliegende Arbeit relevanten Sektion. Hierbei kam es im Rahmen eines Unfalls während der tatsächlichen Jagdausübung (einer sog. Nachsuche) zum Verbluten des Verunfallten nach einem Oberschenkeldurchschuß. Die meisten Todesfälle im Zusammenhang mit der Jagd waren durch Suizide (10 von 17 Sektionsfällen) und Fehlbedienungen der Jagdwaffen vor oder nach der Jagd bedingt (6 von 17 Sektionsfällen) [26].

Dennoch ist die Besichtigung des Unfallortes mit ballistischer Analyse durch Polizei bzw. Landeskriminalamt und die rechtsmedizinische Sektion des Unfallopfers ein wesentlicher Bestandteil der Rekonstruktion des Unfallhergangs. Einerseits um z.B. bei unklaren Verhältnissen zu klären, aus wessen Waffe der Schuß abgegeben wurde, andererseits aber auch, um beispielsweise im Falle mutmaßlich unvorsichtig abgegebener Schüsse zu klären, ob der Schütze fahrlässig oder sogar vorsätzlich gehandelt hat und einen gewissen, für jeden Schuß vorgeschriebenen Sicherheitskorridor eingehalten hat oder nicht. Prinzipiell gilt es, bei der Untersuchung tödlicher Jagdunfälle zwischen Homizid, Suizid und Unfall zu differenzieren [23].

## **1.2 Einführung in die Problemstellung**

### **1.2.1 Jagdunfälle durch abgeprallte Geschosse**

Anhand der Untersuchung von Wissmann läßt sich ungefähr abschätzen, daß 13,6% der Jagdunfälle durch abgeprallte Geschosse entstehen [29, 80]. Prellmedien sind der jeweilige Boden, Steine oder Baumstämme. Diese

abgeprallten Geschosse oder Geschößreste führen im Rahmen der Jagdausübung regelmäßig zu teilweise unvorhersehbaren Verletzungen und Todesfällen.

Dies gilt insbesondere für die sog. Drückjagden, d.h. Gesellschaftsjagden, in denen neben anderen in Bewegung gehaltenen Wildarten vor allem Schwarzwild (Wildschweine) zur Strecke kommen soll. Hierbei kommt es oft zu relativ unüberschaubaren Situationen, die teilweise einen recht nahen Kontakt von Wild, Jägern und anderen Jagdbeteiligten wie Treibern und Hunden beinhalten.

Die in dieser Arbeit untersuchten Geschosse sind dementsprechend ausschließlich für den Schuß aus Büchsen und Flinten vorgesehene Einzelgeschosse (d.h. Büchsen- und Flintenlaufgeschosse), die hauptsächlich für das Erlegen von Schalenwild (also Paarhufer wie z.B. Rotwild oder Schwarzwild) konzipiert wurden. Das Abprallverhalten und das Gefährdungspotential von Schrotgeschossen wird in dieser Arbeit bewusst nicht untersucht.

In Frage kommende jagdliche Kaliber gibt es insgesamt in großer Vielfalt, wobei für jedes Kaliber die verschiedensten Geschößtypen und Laborierungen auf dem Markt erhältlich sind. Abgesehen davon fertigt ein Teil der Jäger eigene Munition mit für die jeweiligen Zwecke angepaßten Eigenschaften an (das sog. Wiederladen) [75]. Eine umfassende Analyse zum Abprallverhalten relevanter Jagdmunition ist daher sehr aufwendig. Insbesondere vor dem Hintergrund der Vielzahl unterschiedlichster in ihrer Zusammensetzung nicht immer homogener Prellmedien können die

Ergebnisse von Schuß- bzw. Abprallversuchen zudem nicht ohne Weiteres verallgemeinert werden.

Dennoch sollten solche Untersuchungen v.a. auch aus den unter 1.1.3 geschilderten Gründen in jedem Falle erfolgen. Aus aktuellem Anlaß (siehe hierzu auch 2.3.5 Vergleich bleihaltiger und bleifreier Munition) wurde versucht, in dieser Arbeit neben der Untersuchung des klassischen, typischerweise bleihaltigen Flintenlaufgeschosses auf die Frage nach der Vergleichbarkeit von bleifreier und bleihaltiger Büchsenmunition einzugehen. Diese wird zur Zeit u.a. von Jägern, Naturschützern, Jagdverbänden und verschiedenen zuständigen Behörden kontrovers diskutiert [59].

### 1.2.2 Falldarstellungen ausgewählter Jagdunfälle

Die im Folgenden aufgeführten Jagdunfälle sollen einen Einblick in die Problematik des Rikoschettsschusses und einen Überblick über mögliche konkrete Unfallsituationen geben.

#### Fall 1 [3]:

#### Maisdrückjagd 1996 (Schuß auf Wildschwein)

Verwendete Waffe	Selbstladeflinte, Kaliber 12
Verwendetes Geschöß	Flintenlaufgeschöß
	Rottweil Brenneke
Prellmedium	Ackerboden
Entfernung Jäger - Geschädigter	45 m
Auftreffwinkel auf dem Boden	6°
Schaden	Verlust des Augenlichtes

Der beschriebene Unfall ereignete sich im Jahre 1996. Das im Rahmen einer Maisdrückjagd ursprünglich einem Wildschwein zugedachte Flintenlaufgeschöß verfehlte das Ziel und prallte vom Ackerboden ab. Anschließend traf es - nachdem es sich den Weg durch eine Buschgruppe gebahnt hatte - einen beteiligten Jäger.

Die im Rahmen der Ermittlungsarbeiten durchgeführten Schußversuche des zuständigen Landeskriminalamtes ergaben, daß die verwendeten Flintenlaufgeschosse unter den gegebenen Rahmenbedingungen regelmäßig bei mehr als 7,5° nicht mehr abprallen. Somit handelte es sich offensichtlich um einen Schuß im sog. Grenzwinkelbereich, welcher

darüber entscheidet, ab welchem Auftreffwinkel die Geschosse nicht mehr vom Boden abprallen (siehe hierzu 2.3.3 Grenzwinkel). Dies führte dazu, daß das Geschoß einen beträchtlichen Teil seiner ursprünglichen Energie durch den Aufprallvorgang verlor. Ferner kam der beauftragte Sachverständige zu dem Schluß, daß der Schuß in direkte Richtung auf den Standort des Verletzten abgegeben wurde. Der Schütze hätte in der gegebenen Situation mit einem Abprallen des Geschosses vom Ackerboden rechnen müssen. Daher hätte keine Schußabgabe in diese Richtung erfolgen dürfen, womit ein Fehlverhalten des Schützen gegeben ist.



**Abb. 2**

*Angenommener Standort des Schützen*

*(Quelle: siehe wie im Weiteren*

*6.2 Verzeichnis der verwendeten Abbildungen)*



**Abb. 3**  
*Abprallstelle des Geschosses*



**Abb. 4**      *Flugbahn des Geschosses nach Abprallen*





**Abb. 5**

*Fotografie der durch das Flintenlaufgeschoß  
beschädigten Brille des Verletzten*



**Abb. 6**

*Fotografien der vom Ackerboden abgeprallten Flintenlaufgeschosse*



**Abb. 7**

*Fotografien der vom Ackerboden abgeprallten Flintenlaufgeschosse  
Wie auch in Abbildung 6 sind die durch den Aufprall im Geschöß  
entstandenen Deformationsspuren deutlich zu erkennen.*

**Fall 2 [4]:****Drückjagd 2003****(Schuß auf Fuchs)**

Verwendete Waffe	Büchse Kaliber 9,3 x 62
Verwendetes Geschöß	Teilmantel
Prellmedium	Schotterweg
Schußentfernung zum Wild	19 m
Entfernung Wild - Geschädigter	70 m
Auftreffwinkel auf dem Boden	6°
Schaden	Nicht-tödliche Schußverletzung am linken Arm

Dieser Jagdunfall ereignete sich im Jahre 2003 während einer Drückjagd. Das Geschöß, das hierbei abgegeben wurde, verfehlte den anvisierten Fuchs, prallte vom Schotterweg ab und traf einen beteiligten Jäger, der sich - 70 m von der Abprallstelle entfernt - hinter einer stark bewachsenen Weggabelung befand. Es bestand kein Sichtkontakt.

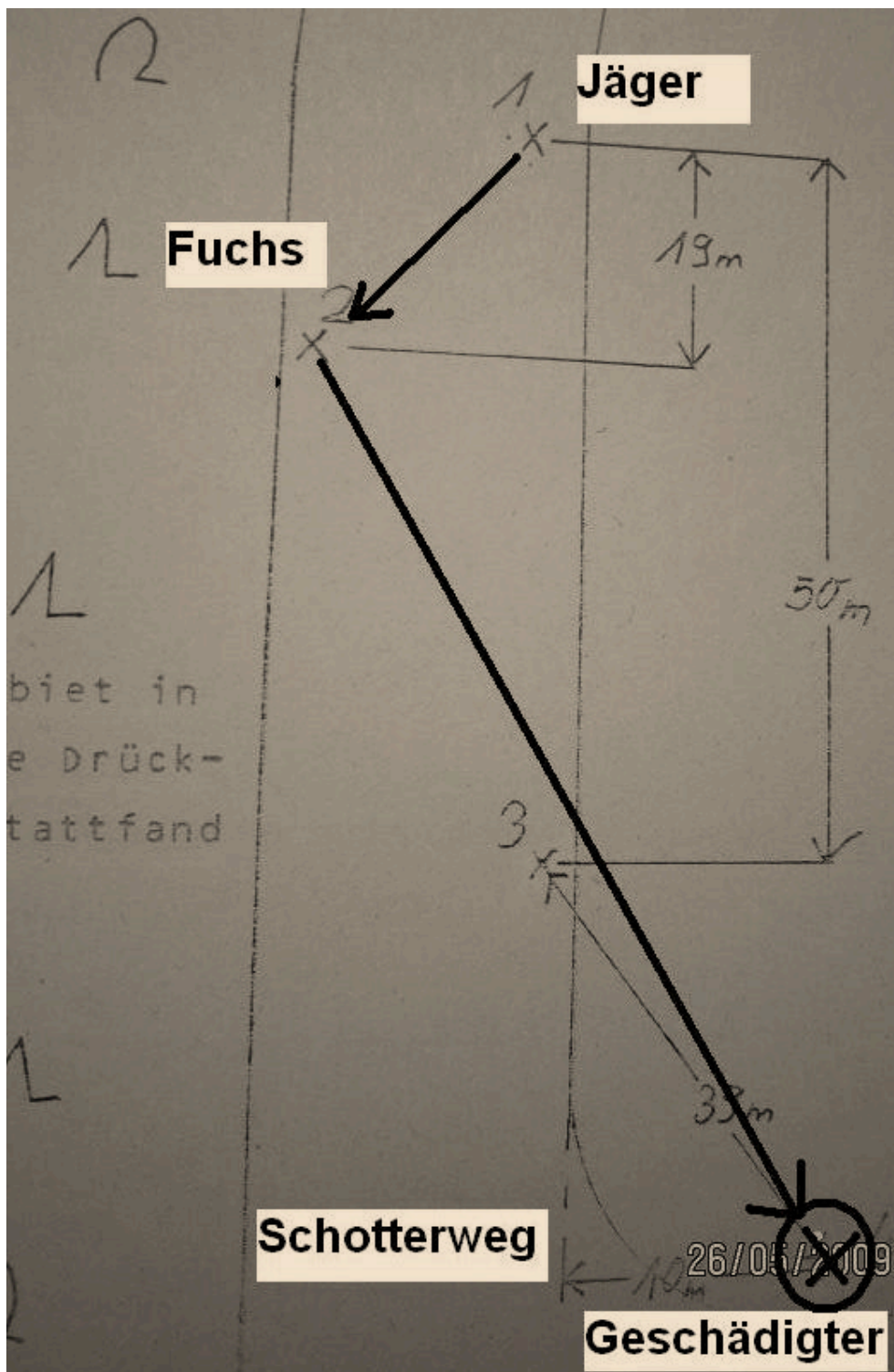


Abb. 8

Skizze des Unfallhergangs





**Abb. 9**      *Fotografie der Unfallstelle*

*1 Standort des Schützen*

*2 Standort des beschossenen Fuchses*

*3 Standort des Geschädigten (hinten links)*





**Abb. 10**      *Fotografie der Unfallstelle aus einer zweiten Perspektive*

- 1*      *Standort des Schützen*
- 2*      *Standort des beschossenen Fuchses*
- 3*      *Standort des Geschädigten*

**Fall 3 [1, 5]:****Drückjagd 2008  
(Schuß auf Wildschwein)**

Verwendete Waffe	Doppelflinte, Kaliber 16
Verwendetes Geschöß	Flintenlaufgeschöß
Prellmedium	Wasser/Schlamm
Schußentfernung zum Wild	15 - 20 m
Entfernung Schütze - Geschädigter	70 m
Winkel Schütze - Geschädigter	60 - 90°
Seitliche Ablenkung nach Durchtritt durch den Wildkörper	60°
Auftreffwinkel auf dem Boden	4°
Schaden	Nicht-tödliche Schußverletzung am linken Arm

Das im Rahmen der gerichtlichen Aufarbeitung dieses Falles abgegebene Gutachten des beauftragten Sachverständigen kam zu dem Schluß, daß das Geschöß zunächst eine Seitenablenkung in Richtung des Geschädigten durch einen Knochentreffer im Wildkörper erfahren haben muß, wobei der Schuß mit größter Wahrscheinlichkeit den Kamm (d.h. die Wirbelsäule der Sau) traf. Die hierdurch entstandene Seitenablenkung betrug ungefähr 60°. Das Geschöß drang im Anschluß mit einem Winkel von etwa 4° in den schlammigen Boden ein. Hierbei kam es aufgrund des im Grenzwinkelbereich liegenden Auftreffwinkels zu einer Richtungsänderung des Geschosses im Boden im Sinne einer Kurvenbahn. Das Geschöß erfuhr eine Mehrfachablenkung nach links und in die Höhe nach oben, wodurch es letztlich zum Anschuß des in großer Entfernung und im stumpfen

Winkel stehenden Geschädigten kommen konnte. Obwohl das Geschosß nur noch eine geringe Restgeschwindigkeit von 60 m / s hatte, konnte es aufgrund der großen Masse beim Geschädigten noch einen Knochenschaden hervorrufen.

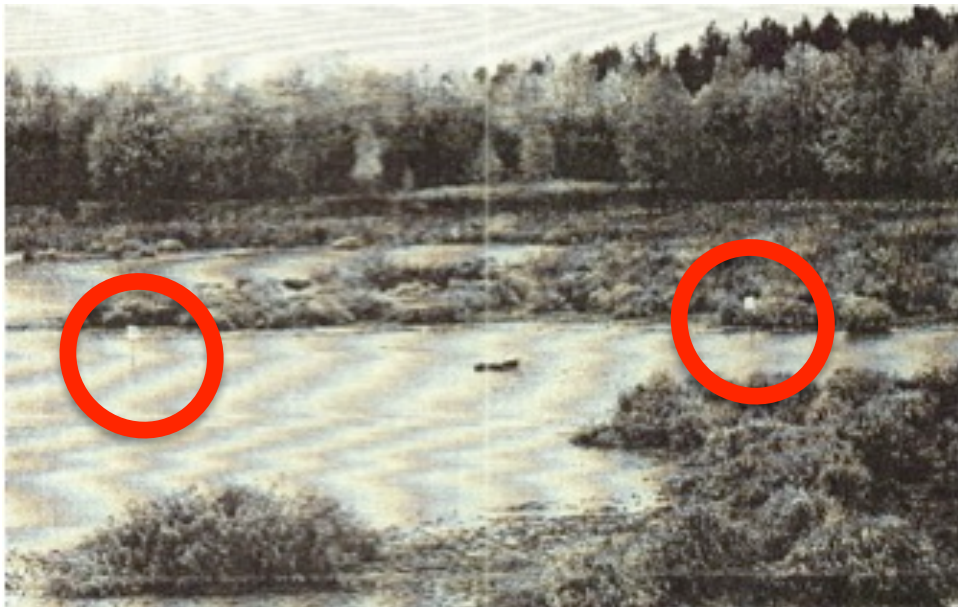
Weiterhin - so der Gutachter - wirkten in diesem speziellen Fall mehrere ballistische Besonderheiten in unglücklicher Weise zusammen, ein solcher Schußbahnverlauf sei für einen Jäger nicht kalkulierbar. Eine Drück- oder Treibjagd sei nach dessen Ansicht nicht mehr durchführbar, wenn man derartige gänzlich atypische Verläufe völlig ausschließen wollte (Vergleiche hierzu auch 4.7 Rückschlüsse auf Jagdunfälle). Der angeklagte Schütze wurde letztendlich freigesprochen.





**Abb. 11**

*Geländeübersicht des Tatortes*



**Abb. 12**

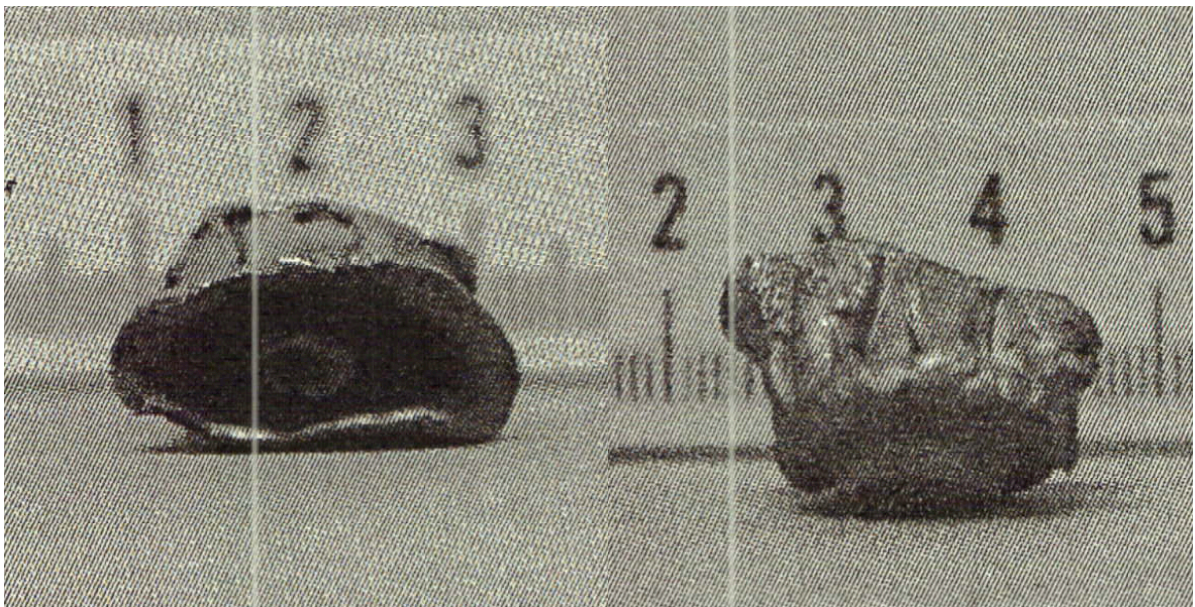
*Rechte Markierung: Standort des Schützen*

*Linke Markierung: Standort des Wildschweins*



**Abb. 13**

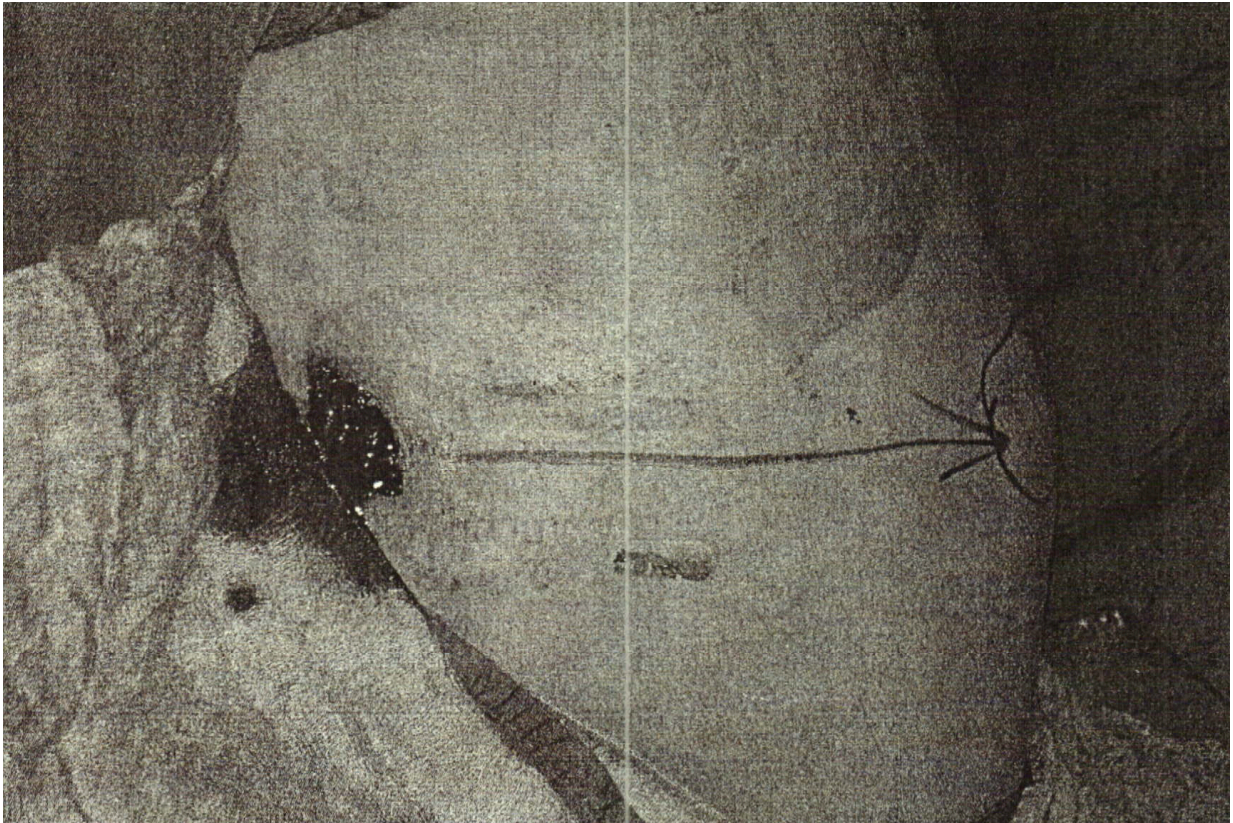
*Blick vom Standort des Schützen in Richtung Standort des Wildschweins*



**Abb. 14 und 15**

*Fotografien des abgeprallten Flintenlaufgeschosses mit deutlich sichtbaren, durch den Aufprall entstandenen Deformationsspuren*





**Abb. 16**

*Fotografie der Einschußwunde am Thorax*

*Das Projektil drang neben der linken Brustwarze ein und traf die siebte Rippe, welche zertrümmert wurde. Die achte Rippe wurde angebrochen. Das Projektil wanderte weiter bis unter die Achsel und blieb unter der Haut im Muskelgewebe stecken, wo es herausoperiert werden konnte. Zusätzlich kam es zu einer Lungenkontusion.*

### 1.2.3 Zielsetzung der vorliegenden Dissertation

Ziel dieser Arbeit ist die praxisnahe Untersuchung des Abprallverhaltens von Büchsen- und Flintenlaufgeschossen vom Prellmedium Ackerboden unter Berücksichtigung des von diesen abgeprallten Geschossen ausgehenden Gefährdungspotentials. Dabei soll insbesondere untersucht werden, wie sich ungefrorener Ackerboden im Vergleich zu gefrorenem Ackerboden verhält und inwiefern sich verschiedene Büchsen- und Flintenlaufgeschosstypen voneinander im Abprallvorgang unterscheiden. Um Näheres über das *Abprallverhalten der Geschosse* erfahren zu können, soll Folgendes untersucht werden:

- welche Abprallwinkel ergeben sich in der sagittalen Ebene
- bis zu welchem Auftreffwinkel (sog. Grenzwinkel, siehe 2.3.3 Grenzwinkel) prallen die Geschosse vom Untergrund ab
- welche Höhe wäre für eine entsprechende Jagdeinrichtung (z.B. Ansitzleiter oder Hochsitz) demzufolge nötig, um diesen Winkel zu erreichen
- welcher Gefährdungsbereich ergibt sich insgesamt (inklusive evtl. Geschößsplitter)

Um eine Aussage über das für die an der Jagdausübung Beteiligten bestehende *Gefährdungspotential abgeprallter Geschosse* zu treffen, soll deren Restenergie unter Zuhilfenahme von ballistischer Glycerinseife anhand folgender Parameter bestimmt werden:

- Restmasse und Deformationsgrad der Geschosse
- Länge des Schußkanals in der Glycerinseife (Eindringtiefe)
- Volumen des Schußkanals in der Glycerinseife

Im Falle der Untersuchung der Büchsen- und Flinten- und Flintenlaufgeschosse wurde als Schußentfernung (d.h. die Strecke von der Laufmündung bis zur Auftreffstelle am Ackerboden) eine für den Büchsen- und Flinten- und Flintenlaufschuß sehr typische Entfernung von 100 m gewählt. Für die Untersuchungen der Flintenlaufgeschosse wurde die Entfernung auf 20 m festgesetzt. Zur Simulation dieser Schußentfernungen wurden aus praktischen Gründen sowohl die Büchsen- und Flinten- und Flintenlaufgeschosse als auch die Flintenlaufgeschosse in ihrer Laborierung jeweils entsprechend verändert. So konnte unter Simulation der jeweiligen vom Hersteller vorgegebenen Geschwindigkeiten  $V_{20}$  bzw.  $V_{100}$  eine Schußabgabe mit wesentlich kürzerer Schußentfernung realisiert werden.

## 22 Literatur

### 2.1 Grundlegendes zur Ballistik

Die Ballistik, d.h. die Lehre vom Wurf und von den Bahnen geworfener Körper, unterteilt sich im Falle der Betrachtung von aus Waffen verschossenen Projektilen in mehrere Teilgebiete: die *Innenballistik* untersucht die Beschleunigung eines Geschosses in der Waffe und die damit zusammenhängenden Vorgänge; die *Abgangsbalistik* analysiert den Austritt eines Geschosses aus der Waffenmündung, sowie dessen Beeinflussung durch Waffe und Pulvergase; die *Außenballistik* stellt die Flugbahn eines abgefeuerten Geschosses durch die Luft dar. Die *Endballistik* (inkl. des Teilgebietes der sog. *Wundballistik* - siehe hierzu auch 2.4 Wundballistik) befasst sich schließlich mit dem Eindringen eines Geschosses in ein Ziel, dessen Dichte normalerweise deutlich größer ist als die der Luft.

Wichtige, die Geschosse charakterisierende Kenngrößen sind einerseits der das sog. Kaliber bestimmende Geschosßdurchmesser, andererseits die Geschosßmasse, -geschwindigkeit und -energie. Eine für alle Bereiche der Ballistik relevante und in den meisten Fällen sogar noch entscheidendere physikalische Größe ist die sog. Querschnittsbelastung  $q$  eines Geschosses, welche als die auf eine bestimmte Fläche bezogene Masse definiert ist. Noch entscheidender ist dieser Parameter deshalb, weil bei den meisten ballistischen Vorgängen nicht unbedingt das Kaliber oder die Masse entscheidend sind, sondern die Querschnittsbelastung. Es gilt, daß schwere und schlanke Geschosse wie beispielsweise Pfeile im Allgemeinen eine große Querschnittsbelastung haben, wohingegen leichte und großflächige

Geschosse eine kleine Querschnittsbelastung besitzen. Z.b. hat jedoch ein 2,6 g schweres .22 lr Geschöß eines etwas größere Querschnittsbelastung als ein 9 mm Browning-Geschöß von 6,1 g Masse. Folge ist z.B., daß es bei Seitenwind eine etwas geringere seitliche Ablenkung erfährt als das eigentlich schwerere 9 mm Geschöß. Dies verdeutlicht sehr anschaulich, daß der Einfluß äußerer Faktoren (wie z.B. Wind) auf die Flugbahn eines Geschosses nicht ausschließlich von der Geschößmasse abhängt, sondern vor allem von dessen Querschnittsbelastung.

Bei Geschossen, die sich geometrisch sowie konstruktiv ähneln, steigt  $q$  normalerweise mit dem Kaliber linear an und wird bei kleinen Kalibern üblicherweise in  $[g / mm^2]$  angegeben [43].

## **2.2 Jagdausrüstung**

### **2.2.1 Waffenarten und Kaliber**

Während der Jagdausübung typischerweise verwendete Langwaffen (d.h. Waffen, die sich gegenüber den sog. Kurzwaffen aufgrund ihrer höheren Präzision für Schüsse auf größere Entfernungen eignen - sie besitzen eine Gesamtlänge von mindestens 60 cm [77]) sind Büchsen (z.B. im Kaliber .30-06) und Flinten (z.B. im Kaliber 12), sowie kombinierte Waffen. Diese verbinden die Vorteile eines glatten Flintenlaufes mit dem eines gezogenen Büchsenlaufs (z.B. Bockbüchsfinte im Kaliber .30-06 mit Schrotlauf des Kalibers 12, siehe Abb. 17).

**Abb. 17**

*Glatter Flintenlauf (oben) und gezogener  
Büchsenlauf (unten) im Vergleich am  
Beispiel  
einer Bockbüchsflinte*

In der Bundesrepublik Deutschland gebräuchliche Büchsenkaliber sind u.a. 5,6 mm, .243“, 6,5 mm, 7 mm, .30“, 8 mm und 9,3 mm, sowie die Flintenkaliber 12, 16 und 20 [49].

Folgende grundlegende Unterschiede bestehen zwischen Büchsen und Flinten:

Die im Büchsenlauf vorhandenen Züge und Felder bewirken, daß das abgefeuerte Geschöß eine Rotation und somit eine Drallstabilisierung erfährt. Übliche Mündungsgeschwindigkeiten von Büchsengeschossen (die sog.  $V_0$ , d.h. die Geschwindigkeit eines Geschosses beim Verlassen der Laufmündung einer Waffe) liegen bei 700 - 1000 m / s, Geschößmassen bei 3 - 20 g. Generell läßt sich feststellen, daß Büchsen jagdlich bei Schußentfernungen von bis zu 300 m zum Einsatz kommen, wobei deren Gefährdungsbereich bis zu 6 km betragen kann [51].



Im Gegensatz dazu zwingen Flintenläufe, die neben dem Schrotschuß auch eine Verwendung von sog. Flintenlaufgeschossen ermöglichen, dieser Geschosßart nach Zündung des Treibsatzes aufgrund ihres glatten Laufs (keine Züge und Felder) keine Drallstabilisierung auf, die Geschosse werden hier durch eine Reihe anderer Prinzipien stabilisiert. So wird einerseits z.B. deren Schwerpunkt durch eine entsprechende Massenverteilung nach vorn (Pfeilstabilisierung) bzw. deren Luftangriffspunkt durch Luftkrafteinleitung am Heck nach hinten verlegt (Flügelstabilisierung oder Widerstandsstabilisierung). Die in dieser Arbeit verwendeten Flintenlaufgeschosse vom Typ Brenneke profitieren aus einer Kombination von Pfeil- und Schulterstabilisierung, welche aufgrund eines kleinen Anstellwinkels des Geschosses eine unsymmetrische Druckverteilung auf der Stirnfläche und somit eine stabilisierende Kraft zur Folge hat [38].

Die hier typischerweise vorkommenden Mündungsgeschwindigkeiten ( $V_0$ ) liegen bei 410 - 470 m / s, die Geschosßmassen allerdings bei 24 - 39 g. Sinnvolle, maximale Schußentfernungen sind im Vergleich zum Büchschenschuß deutlich kürzer und liegen im europäischen Raum allgemein bei höchstens etwa 40 m, der Gefährdungsbereich erstreckt sich auf bis zu 1200 m [50].

## 2.2.2 Munition

### 2.2.2.1 Büchsen Geschosse

Gemäß Rosenberger [64] erweist sich eine Klassifikation der jagdlichen Büchsen Geschosse als am hilfreichsten, wenn unterschieden wird, ob die Projektile beim Durchdringen des Wildkörpers typischerweise ihre Form und / oder Masse beibehalten oder diese variieren. So werden drei mögliche Kombinationen unterschieden, um das Verhalten der Geschosse zu beschreiben:

- a) *Masse- und formveränderlich* (z.B. Kegelspitz, Evolution und Oryx\*)
- b) *Massestabil und formvariabel* (z.B. Lapua Naturalis, Barnes XLC und Bionic Black\*)
- c) *Masse- und formstabil* (z.B. Impala, Silber Solid und Copper Solid, *nicht Bestandteil der Untersuchungen dieser Arbeit*)

\* *Diese Geschosse wurden in dieser Arbeit u.a. untersucht*

Zur ersten Einteilung führt Rosenberger noch weiter aus:

a) *Masse- und formveränderliche Geschosse*

Hierbei handelt es sich meist um sog. Teilmantelgeschosse, welche dadurch gekennzeichnet sind, daß deren Mantel im Unterschied zum Vollmantelgeschosß an der Stirn geöffnet ist. Hierdurch liegt der Bleikern in diesem Bereich frei und ragt mehr oder weniger weit aus der Stirnkante (auch Softpoint oder Weichspitze genannt).

Laut Rosenberger ist ein wesentlicher Nachteil der meisten Teilmantelgeschosse deren unkalkulierbares Verhalten - vor allem bei hohen Geschwindigkeiten. Hieraus resultiert ein Verlust der Geschosßmasse, exorbitante Zerstörwirkung und ungewisse Wirtktiefe. Daher versuchen die jeweiligen Hersteller zunehmend, diese Nachteile durch sog. Bonden zu eliminieren. Diese sog. Verbundgeschosse („Bonded Bullets“) etablieren sich dank ihrer beträchtlichen Vorteile gegenüber den herkömmlichen Geschosßkonstruktionen zunehmend [65].

b) *Massestabile und formvariable Geschosse*

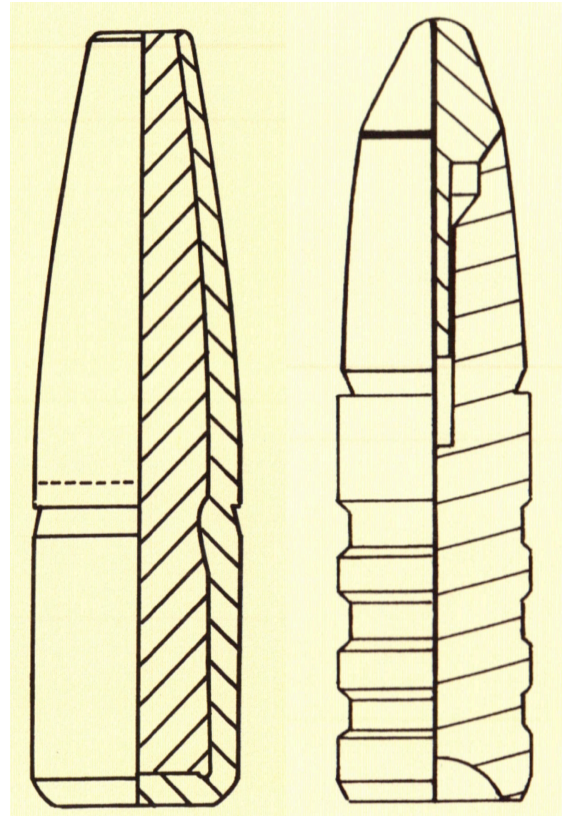
Zumeist sind massestabile Deformationsgeschosse aus Kupfer oder einer Kupferlegierung (z.B. Tombak, Gilding) gefertigt oder bestehen aus einem vergleichbaren zäh-weichen, plastisch verformbaren Material. Zusätzlich ist eine im Geschosßkopf installierte Einrichtung notwendig, die eine ausreichende Querschnittsvergrößerung garantiert - selbst bei kleinsten

Zielwiderständen - und den Deformationsverlauf unter Kontrolle hält. Sie steuert hierdurch den Energietransfer [67].

Dazu ist eine enge Bohrung (der sog. Expansionskanal) in den Kopfbereich eingearbeitet, die sich über die gesamte Kopfhöhe erstreckt. Zusätzlich gibt es mehrere axial angeordnete Soll-Bruchstellen, entweder im Expansionskanal oder auf dem äußeren Umfang des Geschoßkopfes, die dafür sorgen, daß sich das Geschoß in gleichmäßige Fahlen aufspreizt. Außerdem kann ein sog. Deformationsstarter vorhanden sein, häufig ein im Deformationskanal sitzender Pfropfen aus Metall oder Kunststoff, welcher beim Zielaufprall in den Kanal gepreßt wird. Dieser wird hierdurch axial gestaucht, welches einen radial gerichteten Staudruck und damit ein Aufspreizen des Geschoßkopfes bewirkt [67].

Das massestabile Deformationsgeschoß hat somit einige bedeutende Vorteile: dadurch, daß sich der maximale Stirndurchmesser schnell erreichen läßt und sich nicht mehr weiter ändert, paßt sich das Verhalten des Geschosses ohne Probleme unterschiedlichen Zielwiderständen an. Dies bedeutet einen gleichmäßigen Energietransfer. Durch die konstante Masse lassen sich sehr große Eindringtiefen erreichen.

Weiterhin deformiert ein massestabiles Deformationsgeschoß außerdem stets symmetrisch und bewegt sich somit im Ziel im Vergleich zum typischen Teilmantelgeschoß, das meist eine unregelmäßig deformierte Stirnfläche hat, kontrollierter. Ferner neigt es weniger dazu, zu taumeln und hinterläßt so eine kleinere permanente Wundhöhle [67].



a

b

**Abb. 18**

- a*      *Masse- und formveränderliches Geschöß*  
(wie hier z.B. Norma Oryx)
- b*      *Massestabil und formvariables Geschöß*  
(wie hier z.B. RWS Bionic Black)

Auch die in der vorliegenden Arbeit untersuchten Geschosse lassen sich den Gruppen a und b (siehe Abb. 18) zuordnen. Das untersuchte Geschöß Norma Oryx ist als masse- und formveränderlich konzipiert worden und zudem ein bleihaltiges Verbundgeschöß, das Geschöß Bionic Black hingegen ist bleifrei sowie massestabil und formvariabel.

*Die wundballistischen Eigenschaften der Büchsenengeschosse werden unter „2.3.2 Wundballistik der Jagdgeschosse“ behandelt und dort im Zusammenhang mit der allgemeinen Wundballistik besprochen.*

Wie im Weiteren unter 2.3.5 (Vergleich bleihaltiger und bleifreier Munition) deutlich wird, ist es in bestimmten Fällen sinnvoll, die Büchsenengeschosse in solche, die bleihaltig sind, und solche, die bleifrei sind, einzuteilen. Im Wesentlichen werden bleifreie Geschosse aus Kupfer oder einer Legierung von Kupfer und Zink hergestellt. Liegt der Kupferanteil unter 80 % wird die Legierung Messing genannt, liegt er über 80 % heißt sie Tombak [31].

Im Vergleich zu den bleihaltigen Pendants weisen bleifreie Geschosse meist niedrigere Geschoßmassen auf. Dies wird jedoch durch höhere Mündungsgeschwindigkeiten kompensiert [19].

#### **2.2.2.2 Flintenlaufgeschosse**

Wie bereits unter 2.2.1 (Waffenarten und Kaliber) angedeutet, sind Flintenlaufgeschosse Projektile, die aus einem glatten Lauf abgefeuert werden und ihre Stabilisierung unmittelbar durch die Luftkräfte im Sinne einer Pfeilstabilisierung erfahren. Bei dieser Geschoßart ist der Schwerpunkt typischerweise deutlich vor dem Mittelpunkt der Längsachse angeordnet (siehe Abb. 20). Dieser Geschoßtyp wurde ursprünglich für den jagdlichen Schuß im Nahbereich konzipiert - also bis ungefähr 40 m [63].

Flintenlaufgeschosse gelten bislang als Notbehelf „für den Fall der Fälle“. So gelten Streukreisdurchmesser von 10 cm auf eine Schußentfernung von 50 m gemäß der Wannseer Norm als hervorragend, Durchmesser bis 20 cm als gut. Aufgrund ihres aerodynamisch ungünstigen Profils (relativ großer Querschnitt sowie kantige Konstruktion mit rauer Oberfläche) und ihrer geringen Querschnittsenergie besitzen sie einen hohen Luftwiderstand. Sie weisen somit im Verlauf in energetischer Hinsicht besonders hohe Verluste auf. Im Vergleich zu Büchsengeschossen weisen Flintenlaufgeschosse eine wesentlich geringere anfängliche Querschnittsenergie auf, woraus unter Einfluß des ebenfalls deutlich niedrigeren ballistischen Koeffizienten eine relativ starke Abnahme von Querschnittsenergie und Geschwindigkeit resultiert [63].

Im Folgenden ein Vergleich typischer ballistischer Merkmale beider Geschosstypen:

<b>Patrone 12/70; Laborierung Winchester Super-X Rifled Slug</b>		
Masse	$m$	$= 1 \text{ oz} = 28,4 \text{ g}$
Querschnittsbelastung	$S$	$= 0,11 \text{ g/mm}^2$
Querschnittsenergie	$E_{q_0}$	$= 13,2 \text{ J/mm}^2$
Querschnittsenergie	$E_{q_{100}}$	$= 4,9 \text{ J/mm}^2$
Verlust Querschnittsenergie	$dE_q$	$= 63\%$
Formfaktor	$i$	$= 1,8$
Ballistischer Koeffizient	$C$	$= 0,061$
Anfangsgeschwindigkeit	$v_0$	$= 487 \text{ m/s}$
Fluggeschwindigkeit	$v_{100}$	$= 296 \text{ m/s}$
Geschwindigkeitsverlust	$dv_{100}$	$= 39\%$
<b>Patrone .30-06 SPRG; Laborierung Winchester Super-X Silvertip</b>		
Masse	$m$	$= 180 \text{ grs} = 11,7 \text{ g}$
Querschnittsbelastung	$S$	$= 0,24 \text{ g/mm}^2$
Querschnittsenergie	$E_{q_0}$	$= 82,5 \text{ J/mm}^2$
Querschnittsenergie	$E_{q_{100}}$	$= 67,6 \text{ J/mm}^2$
Verlust Querschnittsenergie	$dE_q$	$= 18\%$
Formfaktor	$i$	$= 0,85$
Ballistischer Koeffizient	$C$	$= 0,28$
Anfangsgeschwindigkeit	$v_0$	$= 823 \text{ m/s}$
Fluggeschwindigkeit	$v_{100}$	$= 745 \text{ m/s}$
Geschwindigkeitsverlust	$dv_{100}$	$= 9,5\%$

**Abb. 19**

*Vergleich charakteristischer Merkmale eines  
Flintengeschosses mit denen eines Büchsengeschosses*





**Abb. 20**

*Verschiedene Typen von Flintenlaufgeschossen*

*Deutlich zu erkennen sind der weit vorne liegende  
Massenschwerpunkt und das Prinzip der Pfeilstabilisierung.*

*Die wundballistischen Eigenschaften der Flintenlaufgeschosse werden wie jene der Büchsengeschosse unter „2.4.2 Wundballistik der Jagdgeschosse“ behandelt und dort im Zusammenhang mit der allgemeinen Wundballistik besprochen.*

### **2.2.3 Ansitzeinrichtungen**

Die während der Jagdausübung gebräuchlichen Ansitzeinrichtungen sollen neben der Gewährung eines besseren Überblicks auf das Schußfeld prinzipiell ein Schießen im freien Stand am Boden umgehen - sowohl aus Gründen der Ziel- und Treffgenauigkeit (Ablagefläche für das Gewehr) als auch, um durch einen größeren Auftreffwinkel einen besseren Kugelfang zu gewähren.

Die einfachste Möglichkeit wird durch einen Sitzstock gegeben, dessen Sitzhöhe deutlich unter 1 m liegt [20]. Die verschiedenen auf dem Markt

erhältlichen bzw. selbstgebauten feststehenden oder teilweise auch mobilen Ansitzeinrichtungen reichen von der einfachen Ansitzleiter über den bei Drückjagden üblichen Ansitzbock bis hin zu vollverkleideten Hochsitzen mit Schlafkanzel [54]. Dabei liegen die maximalen Höhen der verwendeten Jagdeinrichtungen - von einigen Ausnahmen abgesehen - in einem Bereich von bis zu 5 m, meist jedoch bei 2,5 m bis 3 m. Aus jagdlicher Sicht sind Ansitzeinrichtungen mit einer Dachhöhe von mehr als 5 m meist nicht notwendig [18].

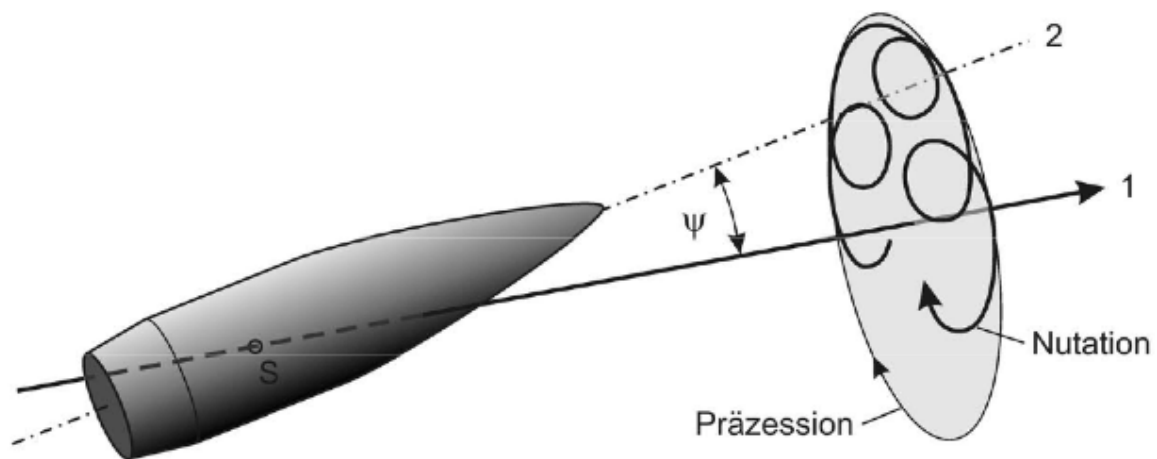
Bemerkenswert ist, daß nach einem während der Jagdausübung aufgetretenen Todesfall im Jahre 2008 in Mecklenburg-Vorpommern durch das dortige Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt- und Verbraucherschutz die Erntejagd ohne Ansitzeinrichtung verboten wurde. Gleiches gilt für Sachsen-Anhalt. Demnach darf das dortige im Rahmen der Maisernte erhoffte Wild (v.a. Schwarzwild) aus Sicherheitsgründen nur noch von Leitern, Ansitzböcken oder Kanzaseln erlegt werden [53, 56].

## **2.3 Der Rikoschettschuß**

### **2.3.1 Allgemeines zum Rikoschettschuß**

Bei einem Prellschuß (auch Abpraller oder Rikoschettschuß genannt) handelt es sich um ein Geschöß, welches während seines Fluges durch Kontakt mit einem Gegenstand eine Änderung der Schußrichtung und / oder des Schußwinkels erfahren hat. Es kommen die unterschiedlichsten Prellmedien in Frage, wie z.B. Regentropfen, Grashalme oder auch Betonmauern [25, 34]. Zusätzlich zu der durch die Züge und Felder des Laufes bedingten Rotation des Geschosses und der durch den außerhalb des

Schwerpunktes angreifenden Luftwiderstand entstandenen Präzession des ursprünglichen stabil fliegenden Geschosses, das sich damit wie ein Kreisel verhält, tritt nun eine sog. Nutation auf. Diese bewirkt, daß sich der Anstellwinkel des Geschosses periodisch verändert (siehe Abb. 21) [44].



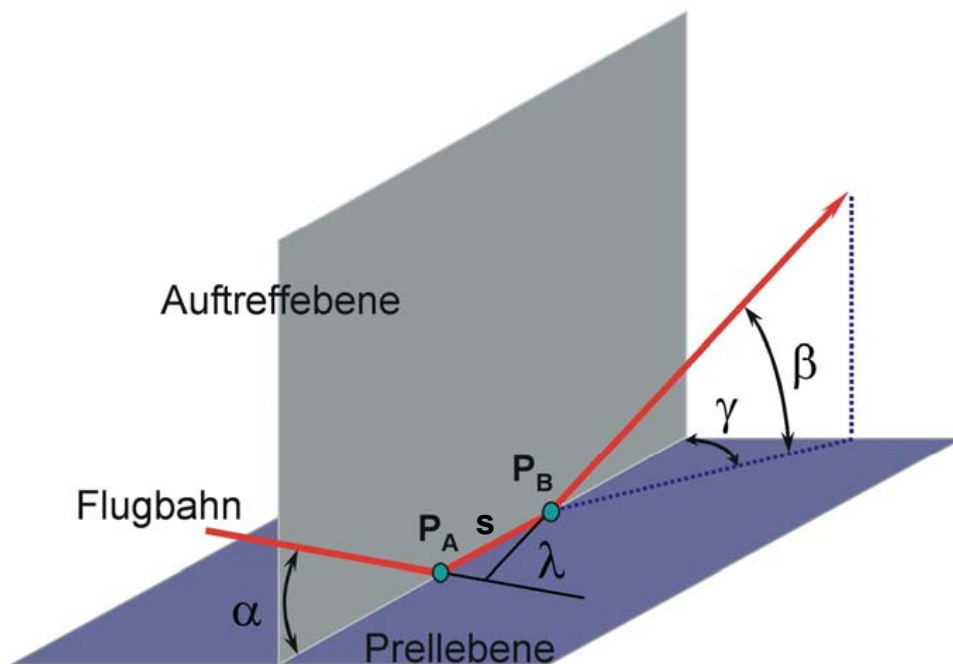
**Abb. 21**

*Eigenbewegung eines drallstabilen Geschosses:*

*1 ist die Flugrichtung, 2 die Geschosßachse,  $\psi$  der Anstellwinkel. Die Geschosßachse dreht um die Flugrichtung (Präzession) und der Anstellwinkel schwankt zwischen einem minimalen und einem maximalen Wert (Nutation). Bei Rechtsdrall erfolgt die Bewegung im Uhrzeigersinn, bei Linksdrall entgegengesetzt.*

Zur Terminologie des Abprallvorgangs (siehe Abb. 22):

Die Ebene, von der ein Geschöß abprallt, wird Prollebene genannt. Senkrecht zu dieser steht die sog. Auftreffebene, in welcher die Geschößlaufbahn vor dessen Auftreffen liegt. Weiterhin sind folgende Punkte der Prollebene zu benennen: die Stelle, an welcher das Geschöß auftrifft, nennt sich Auftreffpunkt  $P_A$ , wobei der Winkel zwischen der Flugbahn und der Prollebene Auftreffwinkel  $\alpha$  genannt wird. Der sog. Abgangspunkt  $P_B$  markiert die stelle, an welcher das Geschöß mit dem Abgangswinkel  $\beta$  die Prollebene verläßt. Die Strecke, die das Geschöß auf der Prollebene entlanggerutscht ist ( $P_A$  bis  $P_B$ ), nennt sich Spurlänge  $s$ . Neben dem Abgangswinkel  $\beta$  gibt es noch den Seitenwinkel  $\gamma$  und den Ablenkwinkel  $\lambda$  [10, 34].



**Abb. 22**

*Wichtige Bezeichnungen beim Abprallen eines Geschößes*

Zur Berechnung des Ablenkwinkels  $\gamma$ , der aus Auftreff- und Abgangswinkel berechnet werden kann, dient folgende Formel:

$$\lambda = a \cos (\cos \alpha \times \cos \beta \times \cos \gamma - \sin \alpha \times \sin \beta) \quad (1)$$

Für den Fall, daß keine seitliche Ablenkung des Geschosses auftritt, läßt sich der Ablenkwinkel als Summe von Auftreffwinkel und Abgangswinkel berechnen:

$$\lambda = \alpha + \beta \quad (2)$$

Da Formel (2) auch im Falle kleinerer Seitenwinkel (unter  $10^\circ$ ) noch ihre Gültigkeit behält, kommt Formel (1) nur bei größeren seitlichen Abprallwinkeln zum Einsatz.

Insgesamt - so Kneubuehl [34] - wird der Prellschuß von vielen verschiedenen Aspekten beeinflusst, von denen hier die wichtigsten erwähnt sind:

*Änderung der Flugrichtung* - Wichtig für die Beurteilung eines Prellschusses ist der Ablenkwinkel  $\lambda$ . Ist dieser klein (unter  $5^\circ$ ), handelt es sich um einen sog. Streifschuß. Der Ablenkwinkel kann ohne Weiteres auch größere Werte annehmen (Werte bis  $90^\circ$  oder  $180^\circ$  sind möglich), im Extremfall kann ein Geschöß also sogar auch von der Abprallstelle aus in Richtung Schütze zurückprallen [28].

*Größe des Prellobjektes* - Masse und Ausdehnung des Prellobjekts sind von großer Bedeutung. So verhält sich ein Geschöß, das weit weg vom Rand des Prellobjekts abprallt, anders als ein solches, das sehr nahe am Rand abprallt. Die Massenabhängigkeit äußert sich vor allem im Verhältnis Geschößdichte zu Prellobjektdichte.

*Art des Prellobjektes* - Die Art des Prellobjektes (d.h. die Materialart) entscheidet wesentlich über die Art des Abprallens. So ist es - je nach Material - möglich, daß ein Geschöß oberflächlich abprallt, teilweise in das Prellobjekt eindringt und anschließend wieder austritt oder das Prellobjekt sogar vollständig durchdringt (siehe Abb. 23).

*Geschößaufbau* - In Bezug auf Geschößaufbau und -konstruktion ist neben der Frage, aus welchem Material das Geschöß hergestellt wurde (z.B., ob dieses hart oder weich ist), zudem relevant, ob es ganz, teilweise oder gar nicht mit einem Mantel versehen ist, und, ob der Geschößkern als weich oder hart zu bezeichnen ist.

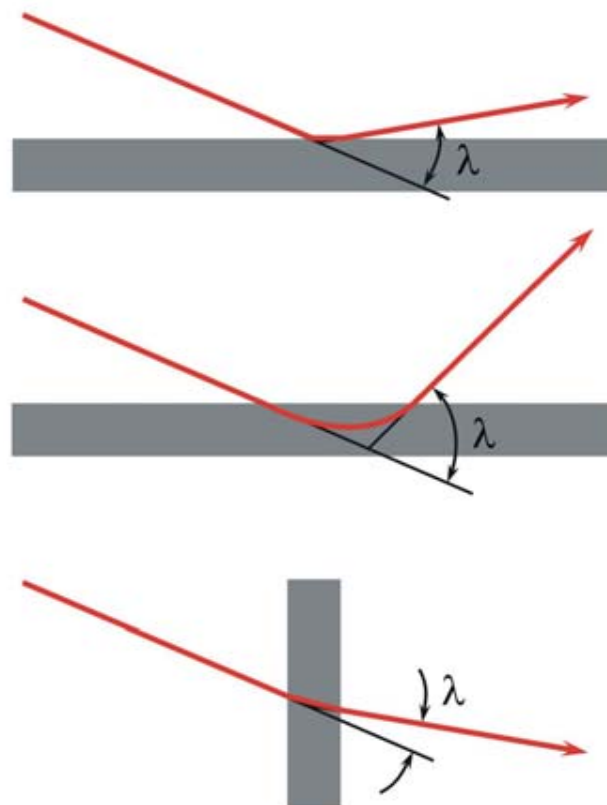
*Geschößverhalten* - Ob ein Geschöß deformiert, splittert oder unverändert bleibt, hängt im Wesentlichen von der Beschaffenheit des Prellobjektes und der Geschößkonstruktion ab, sowie von Auftreffwinkel und Auftreffgeschwindigkeit.

*Auftreffenergie* - Der Abprallvorgang wird außerdem von der momentanen Auftreffenergie des Geschosses bestimmt. Erst ab einer gewissen Mindestenergie ist es überhaupt möglich, daß ein Geschöß in ein



Prellobjekt eindringt. Ferner deformiert oder zerbricht ein Geschöß ebenfalls erst ab einer bestimmten Mindestenergie.

*Flugverhalten nach der Berührung* - Da sich mit einem Drall versehene Büchsen- geschosse wie ein Kreisel verhalten, reagieren diese auch auf einen Stoß mit dem Prellobjekt analog zum Kreisel. So führt das Geschöß eine mehr oder weniger starke Eigenbewegung um seinen Schwerpunkt aus („Taumeln“). Daher produziert ein solch taumelndes Geschöß in Zielscheiben Einschußlöcher, die eine Ähnlichkeit mit solchen durch Querschläger produzierten Löchern haben.



**Abb. 23**

*Verschiedene Ablenkvorgänge und deren jeweiliger Ablenkwinkel  $\lambda$*

*Physikalische Grundlagen des Prellschusses:*

Der Vorgang des Abprallens läßt sich mithilfe der Stoßgesetze beschreiben. Die wesentlichen Parameter der Stoßgesetze sind Masse und Geschwindigkeit der beteiligten Körper sowie die sog. Stoßzahl  $\varepsilon$  (wobei  $\varepsilon$  Werte zwischen 0 und 1 annimmt) und die Reibungszahl  $\sigma$ . Im Falle eines elastischen Stoßes besitzt  $\varepsilon$  den Wert 1, d.h., daß ein Material nach einem freien Fall und Stoß auf beispielsweise eine Stahl- oder Glasplatte wieder zum ursprünglichen Standort zurückkehrt. Im Falle eines unelastischen Stoßes besitzt  $\varepsilon$  den Wert 0, d.h., daß das Material beim Stoß seine kinetische Energie restlos in Wärme umwandelt und überhaupt nicht reflektiert. Bezogen auf das Material eines Geschosses bedeutet dies, daß Blei z.B. eine Stoßzahl  $\varepsilon$  nahe 0 hat und ein Stoß in diesem Falle daher eher als plastisch anzusehen ist, während Stahl z.B. eine Stoßzahl von fast 1 besitzt (eher elastisch). Je stärker sich also die Form ändert, desto kleiner wird  $\varepsilon$  [34-36, 73].

Die Reibungskraft ist proportional zur wirkenden Andruckkraft, wonach steil auftreffende Schüsse eine größere Reibungskraft erfahren als flache Schüsse, was letztendlich bedeutet, daß je steiler die Geschosse auftreten, umso größer auch deren Deformation ist [22].

Stoßzahl und Reibungszahl ermöglichen in den meisten Fällen eine Erklärung der Abprallvorgänge von Geschossen. Folgende Tabelle verschafft hierüber einen Überblick:

	Reibungszahl $\sigma$	
Stoßzahl $k$	groß	klein
groß	$\beta > \alpha$	$\beta \geq \alpha$ und $\beta \leq \alpha$
klein	$\beta \leq \alpha$ und $\beta \geq \alpha$	$\beta < \alpha$

**Abb. 24**

*Zusammenhang zwischen Auftreffwinkel  $\alpha$  und Abprallwinkel  $\beta$  in  
Abhängigkeit von Stoß- und Reibungszahl*

Ferner kommen im Zusammenhang mit den Stoßgesetzen zwei Grundsätze zur Geltung:

*a) Das Gesetz über die Erhaltung des Impulses*

Der Impuls eines Körpers (auch Bewegungsgröße genannt) läßt sich als Produkt seiner Masse und Geschwindigkeit beschreiben und ist die wesentliche Größe beim Stoß:

$$\text{Impuls} = \text{Masse} \times \text{Geschwindigkeit}$$

bzw.

$$p = m \times v$$

### *b) Das Gesetz über die Erhaltung der Energie*

Die kinetische Energie eines Körpers (auch Bewegungsenergie genannt) läßt sich ebenfalls anhand von dessen Masse und Geschwindigkeit beschreiben:

$$\textit{kin. Energie} = \frac{1}{2} \times \textit{Masse} \times (\textit{Geschwindigkeit})^2$$

bzw.

$$E = \frac{1}{2} \times m \times v^2$$

Gemäß dieser beiden Grundsätze müssen sowohl die Summe aller Impulse als auch die gesamte Energie der beteiligten Körper vor und nach einem physikalischen Ereignis - so z.B. auch bei einem Zusammenstoß zweier Körper - gleich groß sein. Tatsächlich gilt dies jedoch nur für den Impuls, da die kinetische Energie beim Stoß teilweise in Wärme umgewandelt werden kann, wie z.B. im Falle der Bleigeschosse.

### **2.3.2. Abprallwinkel**

Da der Vorgang des Rikoschettierens im Wesentlichen davon abhängt, ob ein Geschöß in das Prellmedium eindringen kann oder nicht, unterscheidet Kneubuehl bei den großen Prellobjekten, deren Masse größer als die des Geschosses ist, drei verschiedene Prellobjektklassen. Die dem Abprallvorgang zugrunde liegenden physikalischen Gesetze sind umso deutlicher ersichtlich, je genauer das Prellobjekt in seiner Zusammensetzung bestimmt werden kann (Stahlplatte versus Straße mit Naturbelag). Möglich sind folgende Situationen:

*a) Das Geschöß dringt nicht ein („hartes Prellobjekt“ wie z.B. dicke Stahlplatten und harter Beton oder Stein)*

Auffällig ist, daß hierbei der Abgangswinkel stets kleiner als der Auftreffwinkel ist und über einen großen Bereich mit Werten zwischen  $1^\circ$  und  $3^\circ$  aufgrund der mit zunehmendem Auftreffwinkel kleiner werdenden Stoßzahl quasi konstant bleibt. Die Geschosse werden dabei je nach Material mehr oder weniger stark deformiert.

*b) Das Geschöß dringt bis etwa zum halben Geschößdurchmesser ein („halbhartes Prellobjekt“ wie z.B. dünne Bleche, weicher Beton und Asphalt)*

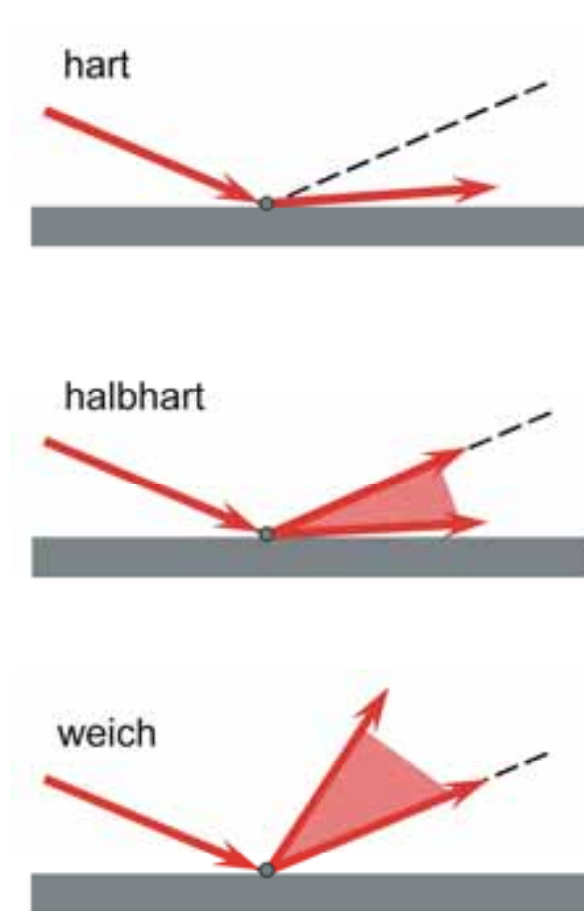
Der Abgangswinkel steigt aufgrund der zunehmenden Reibungszahl an, nimmt aber nie größere Werte als der Auftreffwinkel an. Im Prellmedium entstehen rinnenförmige Spuren. Interessant ist hierbei, daß besonders harte Geschosse, die eine geringe Verformbarkeit aufweisen (wie z.B. Vollmessinggeschosse) auch mit einem im Vergleich zum Auftreffwinkel steileren Winkel abprallen können.

*c) Das Geschöß dringt komplett ein („weiches Prellobjekt“, wie z.B. weiches Holz, Wasser, Sand und weiches Erdreich)*

Die Geschosse weisen im Vergleich zum Auftreffwinkel stets einen steileren Abgangswinkel auf und werden in dem meisten Fällen kaum deformiert, wobei der Winkel (der sog. Grenzwinkel) zwischen Abprallen

und Eindringen bei 10° bis 15° liegt und bei Bleigeschossen sogar bis über 20° betragen kann.

Die folgende Abbildung fasst die drei erwähnten Klassen von Prellobjekten anschaulich zusammen.



**Abb. 25**

*Abgangswinkelbereiche bei  
verschiedenen Prellobjektklassen*

### 2.3.3 Grenzwinkel

Sellier [73] führt zu dem schon vorgestellten Grenzwinkel  $\alpha_{gr}$ , bis zu welchem Geschosse noch rikoschettieren, aus, daß dieser umso größer ist,



je härter das Material des Prellmediums, je größer dessen Dicke und je kleiner die Auftreffgeschwindigkeit des Geschosses ist.

„Erde“ beispielsweise besitzt einen Grenzwinkel von  $7^\circ$ . Dieser Wert ist jedoch lediglich als Anhaltspunkt zu werten, da es aufgrund unterschiedlicher und sich regional unterscheidender Bodenbestandteile keine genaue Definition für den Begriff „Erde“ gibt. So besitzt gefrorener Boden einen größeren Grenzwinkel. Im Boden vorhandene Steine können bei Geschoßkontakt sogar dazu führen, daß der Grenzwinkel erheblich größere als die für die Erde typischen Werte erhält [73].

Schmidt [37, 72] untersuchte 1978 das Abprallverhalten einiger Langwaffengeschosse in zwei verschiedenen Geschwindigkeitsbereichen (in erster Linie Jagdgeschosse) und kam zu dem Ergebnis, daß der Grenzwinkel nur in zwei Fällen über  $10^\circ$  liegt: so führten im Falle des untersuchten Flintenlaufgeschosses Auftreffwinkel von bis zu  $16^\circ$  immer noch zu Abprallern; der Grenzwinkel eines untersuchten Vollmantelgeschosses lag bei  $13^\circ$ . Im Gegensatz dazu blieben solche Deformationsgeschosse, die mit der kleineren der beiden getesteten Mündungsgeschwindigkeiten verschossen wurden, jedoch schon bei ungefähr  $7^\circ$  im Sand stecken.

Kitza und Schmidt [30], die 1991 das Abprallverhalten von Flintenlaufgeschossen von Beton und Sand untersuchten, kamen zu dem Ergebnis, daß der Grenzwinkel im Falle des Sandes bei einer Schußentfernung von 25 m bei  $20^\circ$  (Kaliber 12) bzw. zwischen  $20^\circ$  und  $25^\circ$  liegt (Kaliber 16). Bei größeren Schußdistanzen kam es teilweise bereits ab einem Auftreffwinkel von  $15^\circ$  zu Steckschüssen.

### **2.3.4 Restmasse und Geschoßdeformation**

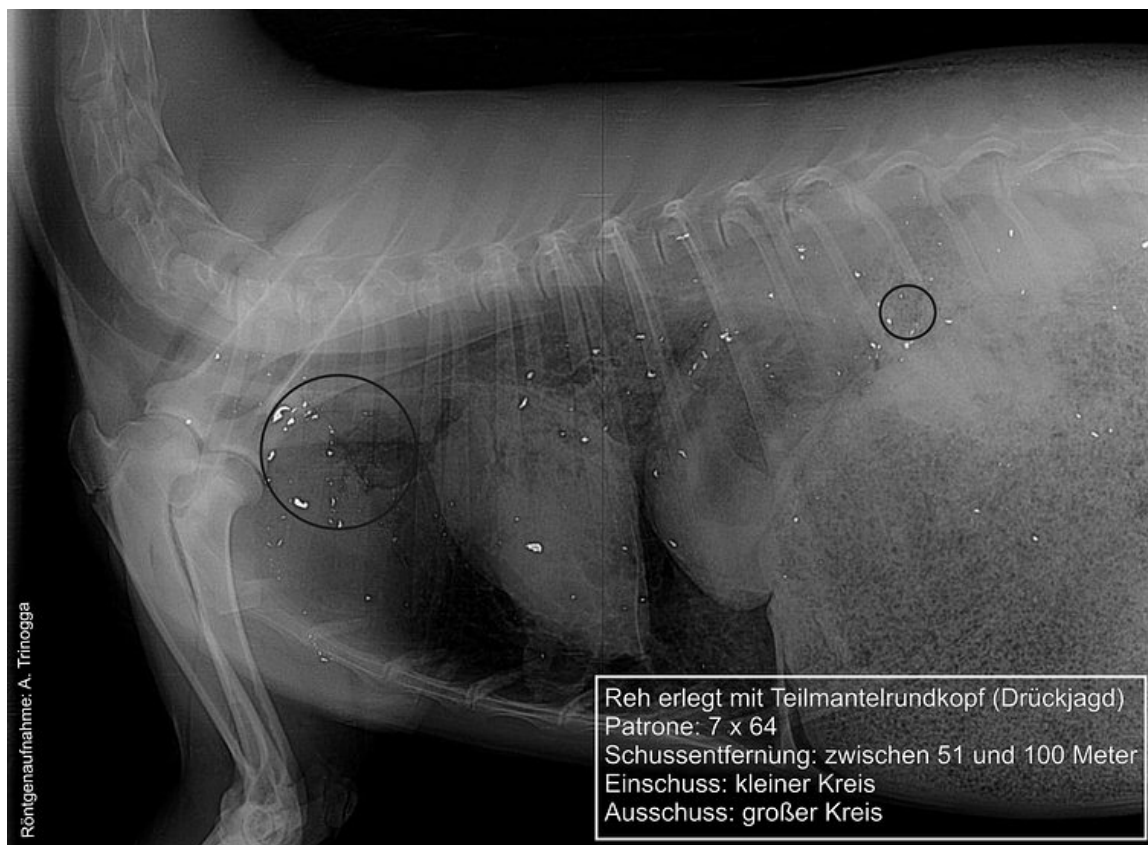
In Bezug auf die Geschoßdeformation läßt sich sagen, daß ein weiches Prellmedium wie Sand in bestimmten Grenzen einen größeren Einfluß auf die Geschoßdeformation hat als ein hartes wie z.B. Beton [72, 74]. Dies liegt daran, daß die Berührungszeit bzw. Reaktionszeit des Geschosses am Sand im Vergleich zu Beton relativ gesehen länger ist (das Geschoß dringt in den Sand ein und erfährt den bereits erwähnten Hebe-Effekt) und somit das Zeitintegral der Reaktionskraft beim Sand größer ist. Auf diese Weise abgeprallte Geschosse erfahren also eine größere Deformation als solche, die unter denselben Bedingungen von Beton abprallen.

### **2.3.5 Vergleich bleihaltiger und bleifreier Munition**

Neben und zwangsläufig einhergehend mit der bereits erwähnten Unterteilung der jagdlich eingesetzten Geschosse anhand deren Masse- und Formveränderlichkeit (siehe 2.2.2.1 Büchsen Geschosse) ergibt sich auch eine Einteilung in bleihaltige und bleifreie Geschosse, auf die im Folgenden eingegangen werden soll.

Die aktuell von Jägern und Jagdverbänden aufgeworfene Frage nach der jagdlichen Notwendigkeit und den Vorteilen bleihaltiger Munition einerseits (z.B. waidgerechtere Erlegung des Wildes und mutmaßlich ungefährlicheres Abprallverhalten [7]) und der durch Naturschutzverbände bemängelten Umweltbelastung andererseits (z.B. Überschreitung der zulässigen Grenzwerte für Schwermetall im Bereich des Einschusses [58]) hat die generelle Diskussion nach dem optimalen Büchsen Geschosß erneut

entfacht. Hervorzuheben sind hier die Berichte zur Lebensmittelsicherheit des Bundesamtes für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) aus dem Jahre 2007: „Offenbar dringen einzelne Geschosspartikel tief ins Fleisch ein und sind kaum erkennbar, so daß die bereits im Monitoring 1997 und 1998 empfohlene großzügige Entfernung des Fleisches um den Einschußkanal nicht immer ausreicht, um partielle, hohe Kontaminationen zu vermeiden.“ [8] (siehe Abb. 26)



**Abb. 26**

*Röntgenaufnahme eines mit einem Teilmantelgeschoss erlegten Rehs*

Daher fordert beispielsweise der Naturschutzbund Deutschland (NABU) - Landesverband Brandenburg - ein landesweites, im Landesjagdgesetz

verankertes Verbot von Bleimunition [59]. Auch auf der Ebene der Agrarministerkonferenz wird derzeit unter Einbeziehung und In-Auftrag-Stellung verschiedener Studien zu Abprallverhalten und Gesundheitsgefährdung über die Entscheidung um bleifreie Munition beraten [15, 52].

Eine umfangreiche, 2011 abgeschlossene, vom Bundesamt für Landwirtschaft und Ernährung der Bundesrepublik Deutschland initiierte und bei der Deutschen Versuchs- und Prüf-Anstalt für Jagd- und Sportwaffen e.V. (DEVA) durchgeführte Studie [42], stellt einen Vergleich der Gefährdung durch abgeprallte bleihaltige und bleifreie Jagdgeschosse her. Als Reaktion auf deren Ergebnisse hat beispielsweise das Bundesland Brandenburg das bis dahin für die Landesforsten geltende Verbot bleifreier Munition aufgehoben [14]. In den Landesforsten des Saarlandes [16] und Schleswig-Holsteins [13] sowie in einigen Bundesforsten [9] ist die zukünftige Verwendung ausschließlich bleifreier Geschosse hingegen bereits beschlossene Sache. Dies begründet sich jedoch nicht allein auf das Gutachten der DEVA, sondern teilweise auch auf die bereits erwähnte umweltgefährdende Wirkung der bleihaltigen Geschosse.

Die Ergebnisse der DEVA-Studie [42] lassen u.a. folgende Schlüsse zu: die Abprallwinkel bleifreier und bleihaltiger Geschosse unterscheiden sich *nicht signifikant* voneinander und weisen nur relativ kleine seitliche Abprallwinkel auf (im Mittel weniger als  $2^\circ$ , einige extreme Abprallwinkel lagen immer noch unter  $20^\circ$ ). Bleifreie Geschosse bzw. Geschoßreste weisen eine *signifikant größere Restmasse* und eine *signifikant größere Restenergie* auf als deren bleihaltige Pendants. In etwa 1/3 der Fälle

besitzen allerdings bleihaltige Geschosse mehr Restenergie als bleifreie. Bezüglich der mittleren maximalen Reichweite läßt sich sagen, daß diese bei bleifreien Geschossen *signifikant größer* ist als bei bleihaltigen Geschossen, es ist hierbei jedoch eine Abhängigkeit vom Kaliber feststellbar. Außerdem ähnelt ein bleihaltiges Geschöß mit sehr dickem Mantel im Hinblick auf das Abprallverhalten dem eines bleifreien Geschosses. Zudem beeinflußt das jeweilige Prellmedium, welcher Geschößtyp gefährlicher abprallt (größerer Ablenkwinkel bzw. bessere Energieerhaltung).

## **2.4 Wundballistik**

### **2.4.1 Grundlagen**

#### **Abgrenzung und temporäre Wundhöhle**

Die Wundballistik verfolgt das Ziel, das Verhalten und die Wirkung von Geschossen in Mensch oder Tier zu beschreiben. Sie ist als Teilgebiet der Endballistik zu betrachten und ist eine empirische Wissenschaft. Erkenntnisse werden durch Erfahrung und Experiment gewonnen - im Prinzip wurde die Wundballistik durch Untersuchungen in der Militäarchirurgie begründet.

Ein in der Wundballistik sehr häufig verwendeter und wichtiger Begriff ist die sog. „temporäre Wundhöhle“. Diese entsteht durch ein Veränderung des Mediums an dessen Kontaktfläche mit dem Geschöß. Hierdurch wird das Medium im Rahmen einer geschößbedingten radialen Beschleunigungskomponente plastisch oder elastisch verformt. Nach

Durchtritt des Geschosses entsteht ein Vakuum. Auf ein kurzzeitiges Zusammenfallen der Höhle schon nach wenigen Millisekunden folgt eine erneute Höhlenbildung, welche jedoch ein kleineres Volumen als die primäre Höhle aufweist und im Anschluß abermals zusammenfällt. Insgesamt betrachtet findet also eine Pulsation der Wundhöhle statt. Diese hält solange an, bis die Energie, die das Geschöß in Form von elastischer Energie an das Gewebe abgibt, verbraucht wurde.

Neben der temporären Höhle entsteht außerdem noch eine sog. Zone der Extravasation. Diese ist durch kleine Blutungen und ein Fehlen makroskopischer Zerstörungen gekennzeichnet. Außerdem entsteht ein bleibender Schußkanal, welcher charakteristischerweise zertrümmertes, zerrissenes und stark durchblutetes Gewebe enthält [45].

### **Geschoßwirkung**

Zwei in der Wundballistik gebräuchliche Begriffe sind die der „*Wirkung*“ und „*Wirksamkeit*“. Um diese näher zu erläutern und, um Verwechslungen auszuschließen, sei deren Bedeutung hier kurz zusammengefaßt: die *Wirkung* eines Geschosses erfaßt die Reaktionen, die im Zielmedium erzeugt werden, und ist stets an ein Einzelereignis gebunden. Dies bedeutet, daß neben den reproduzierbaren Geschoßeigenschaften (wie z.B. Masse, Geschwindigkeit, Energie und Verformbarkeit) zusätzlich eine Vielzahl unterschiedlicher Faktoren (wie z.B. die Treffpunktlage und der Verlauf des Schußkanals) zur Geltung kommen. Dennoch kann man anhand der erstgenannten Eigenschaften eine sog. *Wirksamkeit* abschätzen, die mit der Wirkung in Beziehung steht. Diese Wirksamkeit ist der einzige Anteil an



der Geschoßwirkung, der physikalisch bestimmbar ist und sich durch unterschiedliche Geschoßkonstruktionen beeinflussen läßt. Sie hängt insbesondere von der Auftreffenergie eines Geschosses ab, sowie von dessen Fähigkeit, Energie entlang des Schusskanals abzugeben und wird in  $\text{J} / \text{cm}$  angegeben.

Insgesamt setzt sich die Geschoßwirkung auf Lebewesen demnach aus den Parametern Wirksamkeit, Treffpunktlage und Schußkanalverlauf zusammen - eine besondere Bedeutung kommt jedoch auch dem psychischem und physischem Zustand des Getroffenen, sowie eventuellen Intoxikationen zu.

Die für die Beschreibung der Geschoßwirkung notwendigen Größen sind neben der Eindringtiefe und dem Geschoßzustand (intakt, deformiert oder zerlegt) v.a. die Energieabgabe  $E_{\text{ab}}(s)$  als Funktion der Eindringtiefe und der Gradient der Energieabgabefunktion  $E'_{\text{ab}}(s)$ , welcher der lokalen Querschnittsfläche der temporären Höhle entspricht [47].

Folgende Parameter sollen die Möglichkeit bieten, die Gefährlichkeit eines Geschosses abzuschätzen:

Ab einer Grenzennergiedichte von  $0,1 \text{ J} / \text{mm}^2$  bzw.  $0,06 \text{ J} / \text{mm}^2$  penetrieren laut Kneubuehl [33] Geschosse die Haut bzw. die Augen und fangen an, in diese einzudringen. Teilweise treten im Falle der sog. Softair-Guns jedoch schon irreversible Verletzungen bei Energiedichten von  $0,025 \text{ J} / \text{mm}^3$  auf [41].

Die Grenze, ab welcher die Wirkung eines Geschosses jedoch schon als lebensbedrohlich durch Hinterlassung bleibender Schäden zu betrachten ist, liegt bei einer Eindringtiefe von 2 cm [33].

Des Weiteren ergaben Untersuchungen, beispielsweise von Di Maio et al. [17], daß Blei-Luftgewehrkugeln die Haut ab  $18,2 \text{ J / cm}^2$  penetrieren, Mattoo et al. [55] geben hierfür einen Wert von  $20,2 \text{ J / cm}^2$ . Bir et al. [6] untersuchten das Penetrationsverhalten von Gummigeschossen und geben einen Grenzwert von  $23,9 - 52,7 \text{ J / cm}^2$  an.

Es bleibt festzustellen, daß die charakteristischen Energiewerte der in dieser Arbeit behandelten Langwaffengeschosse vor Einwirken eines äußeren Einflusses wie dem Zusammenstoßen mit einem Prellmedium deutlich oberhalb der Grenze für schwere und lebensbedrohliche Verletzungen liegen (siehe 2.2 Jagdausrüstung sowie die in Abb. 19 angegebenen Querschnittsenergien).

## **Simulantien**

Um die Vorgänge, die ein Geschöß im Körper ausführt, nachvollziehen zu können, werden Simulantien verwendet, die sich dem Geschöß gegenüber körperähnlich verhalten und z.B. in Bezug auf Elastizität, Energieübernahmefähigkeit und Widerstand vergleichbare Eigenschaften besitzen. Vor allem die beiden nachfolgend genannten Simulantien haben sich durchgesetzt: neben der mehrheitlich verwendeten Gelatine kommt zur Simulation eines Weichteilbeschusses des menschlichen Körpers insbesondere Glyzerinseife zum Einsatz. Zwischen dem durch den Beschuß entstandenen Volumen des Schußkanals, das im Gegensatz zum

Gelatinebeschuß eine plastische und damit dauerhafte Verformung erfährt, und der abgegebenen Energie besteht hierbei ein linearer Zusammenhang. Gemäß des Verdrängungsmodells, dem die Theorie von Martel zu Grunde liegt, ist das entstehende Volumen proportional zur aufgebrauchten Energie [46].

Zur Ermittlung von Wirksamkeit und der im Verlauf des Schußkanals abgegebenen Energie ist es daher nötig, dieses Volumen zu bestimmen. Hierfür gibt es mehrere Lösungsansätze - z.B. indem mittels Computertomographie Schichtaufnahmen des beschossenen Seifenblocks anfertigt werden. Unter Zuhilfenahme des sog. k-Analyzers [39] sowie der Software Osirix [61] läßt sich dann eine Volumenmessung vornehmen (siehe hierzu auch 3.1 Material und Methoden).

## **2.4.2 Wundballistik der Jagdgeschosse**

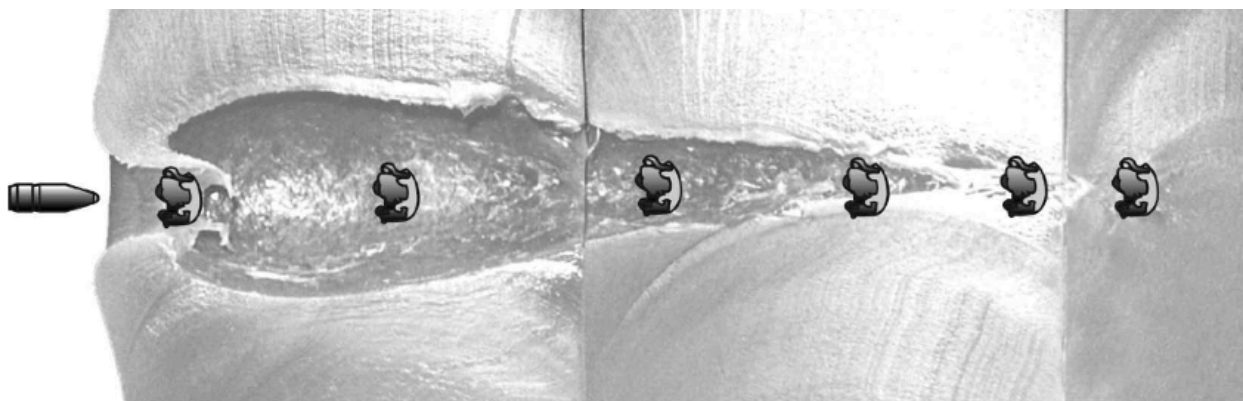
### **Büchsengeschosse**

Die Anforderungen, die an ein Jagdgeschloß gestellt werden, sind zum Teil widersprüchlich: auf der einen Seite soll im Sinne einer möglichst waidgerechten Erlegung viel Energie an den Wildkörper abgegeben werden, auf der anderen Seite soll das Geschloß jedoch immer noch eine ausreichend große Durchlagskraft besitzen, um einen sicheren Ausschuß mit „Schweißverlust“ (Blutverlust) als Anschußzeichen für eine sichere, evtl. notwenige Nachsuche zu hinterlassen.

Das Konstruktionsprinzip, das versucht, beiden Aspekten gerecht zu werden, ist seit Anfang des 20. Jahrhunderts gleich geblieben: die Geschosse bestehen aus einer leicht deformierbaren (oder zerlegbaren)

Geschoßspitze, wobei ein kompakter, schwererer hinterer Teil den bereits erwähnten, sicheren Ausschuß gewährleisten soll.

Die für die Jagd ausgelegten Deformations- und Zerlegungsgeschosse lassen sofort nach Eindringen in ein weiches Ziel eine temporäre Wundhöhle entstehen. Die Energieabgabe steigt während der ersten 3-10 cm an (Phase der Deformation bzw. Zerlegung) und nimmt anschließend bei nun gleichbleibender Querschnittsbelastung in grober Näherung exponentiell ab (siehe Abb. 27).

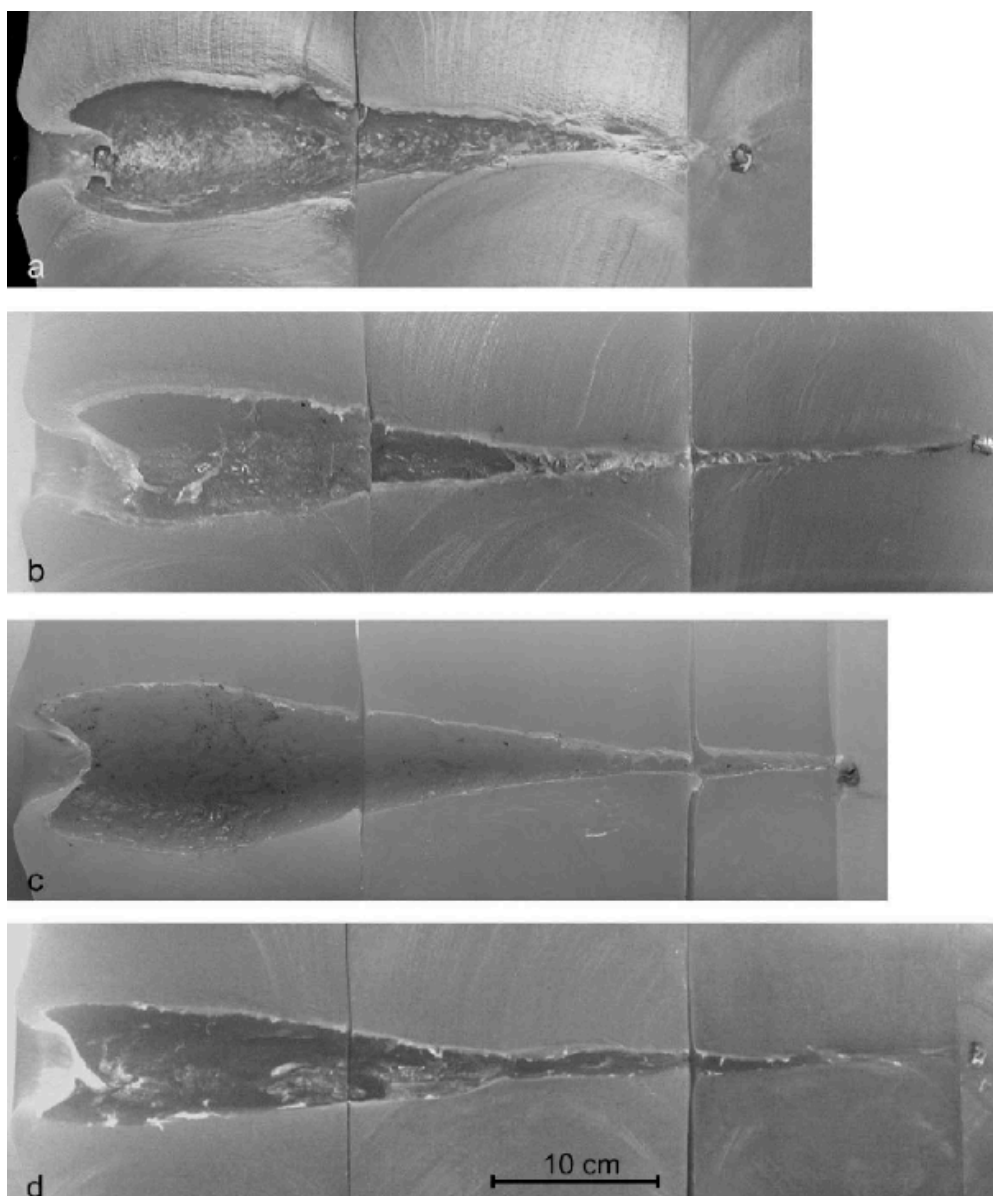


**Abb. 27**

*Bewegungsablauf eines Deformationsgeschosses*

*Der Geschößweg ist stets geradlinig (Schulterstabilisierung). Am Eingang ist das durch das Vakuum der temporären Höhle eingesaugte Material, das beim Auftreffen des Geschosses entgegen der Schußrichtung kegelförmig wegspritzt, gut zu sehen.*

Obwohl es obigem Konzept folgend insgesamt sehr viele verschiedene Geschosskonstruktionen gibt, sind sich diese in wundballistischer Hinsicht ziemlich ähnlich, wie Abb. 28 beweist.



**Abb. 28**

*Schußkanäle unterschiedlicher Jagdgeschosse*

*a. 308 Win. RWS KS*

*c. 30-06 Brenneke TOG*

*b. 7 x 64 Brenneke TIG*

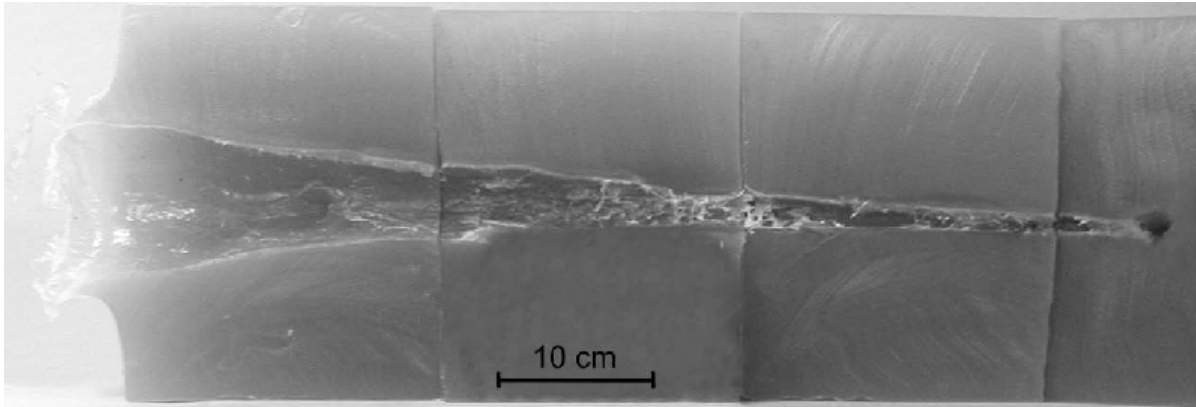
*d. 308 Win. Brenneke TAG*

Hier wird anhand von Seifenbeschüssen ein wundballistischer Vergleich verschiedener Geschoßkonstruktionen und insbesondere die jeweils ganz am Anfang der temporären Höhle stattfindende Steigerung der Energieabgabe gezeigt [48].

### **Flintenlaufgeschosse**

Da Flintenlaufgeschosse aus innenballistischen Gründen eine im Vergleich zu einer Schrotladung ähnliche (oder geringere) Masse aufweisen müssen, entsteht dem Flintenlaufkaliber entsprechend eine relativ kleine Querschnittsbelastung.

Die Verbindung hoher Mündungsenergie der Flinte einerseits mit einer geringen Querschnittsenergie andererseits ergeben insgesamt jedoch eine hohe Wirksamkeit. Durch die Schulterstabilisierung fliegen Flintenlaufgeschosse meist stabil, was auf den Seifenbeschuß bezogen bedeutet, daß sich ein gerader, konisch abnehmender Schußkanal (siehe Abb. 29) ergibt. Dieser hat eine gewisse Ähnlichkeit mit einem durch einen schweren, schnellen Splitter entstandenen Schußkanal. Ein sehr ähnlicher Schußkanal ergibt sich auch bei Verwendung anderer Flintenlaufgeschosse [48].



**Abb. 29**

*Schußkanal eines 12 / 70 Brenneke Flintenlaufgeschosses in ballistischer Seife. Durchmesser der Einschußöffnung ca. 10 cm, Eindringtiefe: 68 cm.*

### **2.4.3 Wundballistik abgeprallter Geschosse**

#### **2.4.3.1 Allgemeines**

Das Verletzungsmuster einer durch ein abgepralltes Geschöß entstandenen Verletzung wird hauptsächlich durch die Eigenbewegung und den Energieverlust am Prellmedium bestimmt. Diese anfänglich bereits erwähnte Nutation überlagert die vorhandene Präzession des Geschosses und hängt in ihrer Größe vor allem vom Auftreffwinkel sowie den Trägheitsmomenten des Geschosses und dessen Drall ab. Dabei kann sich der Anstellwinkel des abgeprallten Geschosses, welcher periodische Bewegungen im Raum ausführt, ohne Weiteres bis hin zu Werten von  $180^\circ$  vergrößern. Demzufolge ist die räumliche Bewegungsrichtung eines abgeprallten Geschosses zum Zeitpunkt des Aufpralls stark zufallsbedingt



und hängt u.a. von der seit dem Abprallvorgang zurückgelegten Entfernung ab. Insgesamt läßt sich vor diesem Hintergrund feststellen, daß die durch abgepallte Geschosse hervorgerufenen Verletzungsmuster höchst unterschiedlich sein können [11].

Die letztendlich durch das abgeprallte Geschöß hervorgerufene Einschußöffnung hängt direkt vom dort vorhandenen Anstellwinkel des Geschosses ab, wobei nach dem Rikoschettieren stabil fliegende Geschosse, die mit einem sehr flachen Auftreffwinkel aufgetroffen sind, sich kaum von direkt auftreffenden Geschossen unterscheiden. Es ergeben sich bei Vorliegen größerer Auftreffwinkel jedoch anstellwinkelspezifische Einschußöffnungen oder solche mit unregelmäßigen Rändern [33].

Oft können durch den Abprallvorgang destabilisierte Geschosse jedoch auch atypische Schußwunden hinterlassen, die dem Aussehen von Stichverletzungen durchaus ähneln. So z.B. wenn Bleigeschosse mit einem großen Auftreffwinkel von einem harten Ziel abprallen [22, 33, 76]. Allerdings wird differentialdiagnostisch in der Literatur auch von solchen atypischen Eintrittswunden berichtet, die durch Geschosse entstanden sind, die nicht im Rahmen des Kontakts mit einem Prellmedium destabilisiert wurden, sondern durch die Schußwaffe bzw. deren inadäquaten Zustand selbst [57].

Der Verlauf des Schußkanals eines abgeprallten Geschosses hängt im Wesentlichen davon ab, ob dieses quergestellt oder axial auftritt. Im ersten Falle bleibt die Querschnittsbelastung des Geschosses von Anfang an gleich, was zur Folge hat, daß die Energie proportional zur momentanen

Energie (also exponentiell) abnimmt. Wenn ein Geschöß jedoch axial auftrifft, stellt es sich erst nach Zurücklegen einer bestimmten Strecke quer, was zur Folge hat, daß sich die Querschnittsbelastung verringert, die Energieabgabe vergrößert und der Schußkanal gleich nach Einschuß expandiert [33].

Haag [22] beschreibt, daß destabilisierte Projektile ein auf zwei möglichen Wegen verändertes Penetrationsverhalten von Weichgewebe aufweisen: destabilisierte Vollmantelgeschosse durchdringen das Zielmedium typischerweise weniger als direkte Schüsse, wohingegen destabilisierte ummantelte Hohlspitzgeschosse oft nicht expandieren und das Medium tiefer penetrieren als direkte Schüsse.

Kneubuehl [33] geht weiterhin davon aus, daß Abpraller von Deformations- und Zerlegungsgeschossen aufgrund der Tatsache, daß sie entweder quer auftreffen oder sehr schnell quergestellt werden, keine weitere Deformation beim Durchtritt durch das Zielmedium erfahren. Ihre Schußkanäle sind daher denen von abgeprallten Vollgeschossen oder Vollmantelgeschossen ähnlich.

#### **2.4.3.2 Untersuchungen zur Restenergie abgeprallter Geschosse**

Kneubuehl [40] hat die Restenergie einiger Kurzwaffengeschosse nach Abprallen von verschiedenen Medien anhand der Eindringtiefe des abgeprallten Geschosses in Glycerinseife untersucht. Dabei haben sich im Wesentlichen über alle untersuchten Geschosse, Prellkörper und Winkel

hinweg Eindringtiefen von 55 bis 580 mm ergeben. Alle Prellschüsse der geprüften Geschosse waren unabhängig von Prellmedium und Auftreffwinkel dazu in der Lage, Schäden oder bleibende Schäden am menschlichen Körper zu hinterlassen (teilweise allerdings mit Ausnahme des Kalibers .22 lr).

Ferner wird konstatiert, daß sich die abgeprallten Deformationsgeschosse (Action 1 und Silver Tip) im Falle kleiner Auftreffwinkel ( $2,5^\circ$  und  $5^\circ$ ) beim Eindringen in das Seifenziel deformieren und dadurch wesentlich weniger tief darin eindringen als die nicht-deformierenden Geschosse (VMR und Action 3). Mit zunehmendem Auftreffwinkel vergrößerte sich die Nutation, was einen Ausgleich der Bedingungen beim Aufprall auf das Seifenziel und somit ähnliche Eindringtiefen zur Folge hatte. Insgesamt lag die Eindringtiefe über den ganzen Winkelbereich bei mehr als 20 cm. Aus Sicht der Wirksamkeit und Gefährlichkeit besteht kein Unterschied zwischen deformierenden und nicht-deformierenden Geschossen ähnlicher Energie.

Die bereits unter 2.3.5 erwähnte Studie der DEVA [42] aus dem Jahre 2011 kommt in Bezug auf die Restenergie abgeprallter bleihaltiger und bleifreier Geschosse zu folgendem Schluß: abgeprallte Geschosse bzw. Geschoßreste bleifreier Konstruktion besitzen eine *signifikant größere Restmasse* und eine *signifikant größere Restenergie*. In 30 % der Abprallkonstellationen haben dennoch die bleihaltigen Geschosse mehr Energie als bleifreie.

Diese Studie stellt einen interessanten Vergleich mit den in der vorliegenden Arbeit durchgeführten Versuchen dar, da durch diese u.a. ebenfalls die Restmassen der Geschosse bestimmt bzw. die Restenergien mittels ballistischer Glycerinseife abgeschätzt wurden.

### **3 Eigene Untersuchungen**

#### **3.1 Material und Methoden**

##### **Versuchsort**

Sämtliche Schußversuche wurden im ca. 40 m langen Beschußkeller des Beschußamtes München der Bayerischen Eich- und Beschußverwaltung durchgeführt. Aus Sicherheitsgründen ist dieser vollbetoniert, am Ende befindet sich eine als Kugelfang gedachte Sandanhäufung. Die an den Versuchen beteiligten Personen sind durch eine entsprechend verstärkte Tür mit schußsicheren Fenstern geschützt. Durch eine hydraulische Anlage bzw. eine Auslöseschnur ist es möglich, die Schüsse aus sicherer Entfernung hinter der Schutztür abzufeuern.

##### **Waffen**

Um reproduzierbare Versuchsbedingungen zu schaffen, wurde zum Abfeuern der Munition ein mit Meßlauf und Zielfernrohr ausgestatteter Schießbock (siehe Abb. 30 und 31) der Firma High Pressure Instrumentation aus Graz (Österreich) verwendet, der durch das Auswechseln der entsprechenden Läufe sowohl Büchsenpatrone des Kalibers .30-06 als auch Flintenlaufpatrone des Kalibers 12 verschießen konnte. Vor Beginn der Beschüsse wurde die Seelenachse des Meßlaufs mittels einer Wasserwaage parallel zum Boden des Beschußraumes ausgerichtet.



**Abb. 30**  
Schießbock



**Abb. 31**

*Blick durch das Zielfernrohr des Schießbocks auf das Prellmedium  
(Entfernung 10 m)*

**Munition**

Es wurden folgende Kaliber und Geschosse verwendet, die im Folgenden näher beschrieben werden:

Büchsen- geschosse:	.30-06 Bionic Black 10 g	(RWS)
	.30-06 Oryx 11,7 g	(Norma)
Flinten- lauf- geschoß:	Kaliber 12 Brenneke Original 31,5 g	(Dynamit Nobel)

**RWS Bionic Black .30-06****Beschreibung des Herstellers**

Dieses als massestabiles Deformationsgeschöß konstruierte Geschöß besticht laut seinem Hersteller durch eine überzeugende Tiefenwirkung. Das deformierende Messing sorgt für eine fragmentfreie Deformation und erfährt keine Masseverluste, wodurch ein Restgewicht von nahezu 100 % erzielt werden kann. Folge ist ein sicherer Ausschuß mit geringem Wildpretverlust. Dieses Geschöß eignet sich optimal für die Jagd auf schweres Wild [70].

**Geschößaufbau und Verhalten beim Durchgang durch das Zielmedium**

Das seit 2004 erhältliche Geschöß wird aus einer Messinglegierung hergestellt. Zu den besonderen Merkmalen zählen ein zylindro-konisches Profil mit mehreren Entlastungsnuten auf dem Führungszyylinder, ein Scharfrand (ein besonderes Konstruktionsmerkmal, welches beim Anschuß sog. Schritthaar erzeugen soll) sowie ein Einsatz im Geschößkopf aus schwarzem Kunststoff. Der Expansionskanal ist vergleichsweise tief und besitzt eine abgestufte Mündung (siehe Abb. 32). Der Kunststoff-Einsatz wird beim Aufprall durch die auftretenden Reaktionskräfte in die Mündung des Expansionskanals gedrückt. Er fungiert somit als Expansionsstarter. Hierdurch wird die durch besondere Wärmebehandlung plastifizierte Wand des Expansionskanals nach außen gepresst und im weiteren Verlauf nach hinten gerollt. Insgesamt entsteht eine

symmetrische, pilzförmige Konfiguration, die keinen Masseverlust aufweist (siehe Abb. 33).

Abgesehen von der geringen Hämatombildung weist dieses Geschos eine minimale Zerstörwirkung sowie eine maximale Wirtiefe auf [68].



**Abb. 32**

*Bionic Black*

*(schußfertige Patrone sowie das eigentliche Geschos)*



**Abb. 33**

*Das Geschöß deformiert, ohne an Masse zu verlieren - es ist formveränderlich und massestabil.*

**Ballistische Daten [70]**

<u>Entfernung</u>	<u>Geschwindigkeit</u>	<u>Energie (M = 10,0 g)</u>
-------------------	------------------------	-----------------------------

m	m / s	J
0	885	3916
<b>100</b>	<b>759</b>	<b>2880</b>
200	643	2067
300	538	1447

**Norma Oryx .30-06****Beschreibung des Herstellers**

Damit dieses Geschöß möglichst vielen Jagdsituationen gerecht wird, wurden Geschößkern und Mantel verlötet. Das Geschöß eröffnet sich hierdurch zwar sehr schnell, die Lötverbindung verhindert jedoch die Separation von Geschößkern und Mantel, was wesentlich dazu beiträgt, daß das Geschöß bei gleichmäßiger Penetration eine hervorragende Tiefenwirkung hat. Es eignet sich laut Hersteller für die Jagd auf Rehwild genauso wie für Rotwild, Elch, Wildschweine und Schwarzbären [60].

**Geschößaufbau und Verhalten beim Durchgang durch das Zielmedium**

Dieses Geschöß ist im eigentlichen Sinne ein herkömmlich profiliertes Ogivalgeschöß (also ein Geschöß mit spitzbogenförmigem Profil) und besitzt eine abgeflachte Stirn sowie eine formschlüssige Mantel- und Kernkante (siehe Abb. 34). Der Geschöß-Mantel wird zum Boden hin zunehmend dicker und ist mit dem vergleichsweise weichen Bleikern gebondet (spezielles Fertigungsverfahren, das den Geschößkern mit dem Geschößmantel fest verbindet).

Durch diese Konstruktionsmerkmale erweist sich das Oryx als sehr anpassungsfähig. Abhängig vom Zielwiderstand vergrößert es seinen Querschnittsdurchmesser auf bis zu 1,5 - 3 Kaliber, behält aber trotz allem 85 bis 90 % seiner Masse bei (siehe Abb. 35).

Es entsteht demzufolge eine relativ größere Wirkbreite, der Energietransfer verläuft etwas schneller und stärker - die temporäre Wundhöhle erreicht einen größeren Querschnitt.

Im Vergleich zu anderen Verbundgeschossen expandiert dieses Geschos selbst bei leichtem Wild sowie bei einem zufälligen Weichteilschuß stets ausreichend.

Gleichzeitig verläuft die mechanische Zerstörwirkung deutlich geringer als bei vergleichbaren Geschossen, die nicht gebondet wurden [66].



**Abb. 34**

*Norma Oryx*

*(schußfertige Patrone sowie das eigentliche Geschos)*

**Abb. 35**

*Das Geschöß deformiert mit Masseverlust - es ist form- und masseveränderlich.*

**Ballistische Daten [60]**

**Entfernung      Geschwindigkeit      Energie (M = 11,7 g)**

<b>m</b>	<b>m / s</b>	<b>J</b>
0	823	3964
<b>100</b>	<b>722</b>	<b>3048</b>
200	628	2306
300	541	1715

**RWS Brenneke Original cal. 12 / 67,5****Beschreibung des Herstellers**

Dieses klassische Flintenlaufgeschoß mit Filzpfropfen ist bis zu einer Entfernung von 50 m verwendbar. Die Chokebohrung beeinflusst die Präzision dieser Patrone nicht wesentlich, weshalb sie aus allen gängigen Flinten verschossen werden kann [71].

**Geschoßaufbau und Verhalten des Geschosses beim Durchgang durch das Zielmedium**

Der Wirkteil des Geschosses (siehe Abb. 36) besteht aus einer relativ harten Bleilegierung mit zwölf schräg angeordneten, etwa 1,2 mm hohen Rippen, die ein gefahrloses Verschießen selbst aus Läufen mit starker Mündungsverengung (wie z.B. Fullchoke) ermöglichen. Eine auf die Stirn aufgesetzte, etwa 5 mm hohe Spitze verbessert die Aerodynamik und verlagert den Schwerpunkt weiter nach vorn. Ein gefetteter Filzpropfen, der zwischen den Kartonscheiben am Heck angeschraubt wurde, übernimmt gleichzeitig mehrere Aufgaben: das Rohr wird so u.a. gegen Gasschlupf abgedichtet, der Maximal-Gasdruck wird durch den Dämpfungseffekt vermindert und die Flugstabilität wird durch Vorverlegen des Schwerpunktes im Sinne einer Massestabilisierung verbessert. Außerdem wird der Strömungswiderstand am Heck durch eine Widerstandsstabilisierung vergrößert. An der scharf abgesetzten Stirn bildet sich ein Staudruck aus, der mittels einer Schulterstabilisierung zusätzlich stabilisierend wirkt. Am Wirkteil selbst ergeben sich während des Zieldurchgangs jedoch nur geringfügige Form- und

Masseveränderungen. Es wird insgesamt ein großes Durchdringungsvermögen erreicht. So vergrößerte sich bei einem Beschußtest im Labor (u.a. mittels 20-%iger Gelatine bei Kaliber 12,  $v = 428 \text{ m / s}$ ) der Durchmesser um rund 24 %, während sich die Masse um nur knapp 3 % verminderte (siehe Abb. 37) [69].



**Abb. 36**

*RWS Brenneke Original*

*(fertige Patrone sowie das eigentliche Geschöß)*



**Abb. 37**

*Das Flintenlaufgeschöß verändert seine Form und Masse beim Eindringen in das Zielmedium nur geringfügig.*

### **Ballistische Daten [71]**

<b>Entfernung</b>	<b>Geschwindigkeit</b>	<b>Energie (M = 31,5 g)</b>
-------------------	------------------------	-----------------------------

m	m / s	J
0	421	2792
<b>20</b>	<b>374</b>	<b>2203</b>
50	324	1653
100	273	1174

### Anpassung der Geschoßlaborierung

Die Veränderung der Laborierung des jeweiligen Geschosses wurde durch die Mitarbeiter des Beschußamtes München vorgenommen: hierzu wurde das Geschoß aus der Patronenhülse gezogen und dessen Treibsatz der gewünschten Geschwindigkeit entsprechend mit Hilfe einer Pulverwaage reduziert. Anschließend wurde das Geschoß wieder eingesetzt und die Patrone schußfertig verschlossen. Der Treibsatz ist so lange variiert worden, bis nach Messung mit der Lichtschranke die gewünschte, vom jeweiligen Hersteller angegebene  $V_{100}$  [60, 70] bzw.  $V_{20}$  [71] erreicht wurde.

Bei den Flintenlaufgeschossen ergab sich konstruktionsbedingt die Besonderheit, daß vor Ziehen des Geschosses die Kunststoffbördelung abgeschnitten und eine Kunststoffkappe entfernt werden mußte. Nach Anpassen des Treibsatzes wurde das Flintenlaufgeschosß dann wieder eingesetzt.

Für die jeweilige  $V_{100}$  und  $V_{20}$  der Geschosse ergaben sich die nachstehenden Treibsatzmengen:

Bionic Black $V_{100}$	$m = 3,10 \text{ g}$
Norma Oryx $V_{100}$	$m = 3,15 \text{ g}$
Brenneke Original $V_{20}$	$m = 1,65 \text{ g}$



## **Lichtschränke**

Zur Messung der Geschößgeschwindigkeit wurden Präzisionslichtschranken des Typs CW-Infraspot 400 B sowie der Firma Mehl verwendet, welche in einer Entfernung von 2,5 m sowie 7,5 m vom Schießbock in Richtung Prellmedium standen. Als Meßpunkt für die  $V_{100}$  bzw.  $V_{20}$  wurde die 7,5 m von der Laufmündung entfernte Lichtschranke verwendet. Der Abstand von dieser Lichtschranke zum Prellmedium betrug dann noch weitere 2,5 m.

Die Lichtschranken waren per Kabel mit einem Computer verbunden, der die gemessenen Geschößgeschwindigkeiten auf einem Bildschirm anzeigte.

Eine Messung der Geschwindigkeiten der Geschosse nach Abprallen erwies sich als nicht realisierbar, da durch das während des Abprallvorgangs wegspritzende Erdreich eine genaue Unterscheidung zwischen Geschöß und Erdteilchen - und somit eine Messung mittels Lichtschranke - nicht möglich war.

## **Prellmedien**

Der für die Schußversuche verwendete Ackerboden wurde durch die Versuchsstation Roggenstein (landwirtschaftliche Lehr- und Forschungseinrichtung des Wissenschaftszentrums Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt der Technischen Universität München) zur Verfügung gestellt. Dieser enthielt einen sehr geringen

Anteil an kleineren Steinen. Eventuell dennoch verbliebene, größere Steine wurden manuell entfernt.

Für die Versuche mit ungefrorenem Boden wurde eine aus Holzbrettern gefertigte Kiste mit den Maßen 100 cm x 40 cm x 22 cm verwendet.

Um eine Möglichkeit zu schaffen, das Abprallen der Geschosse von gefrorenem Boden zu simulieren, wurden mehrere kleine Holzkisten mit den Maßen 75 cm x 30 cm x 10 cm hergestellt. Dieses Format wurde gewählt, um die Kisten in der Kühltruhe des Beschußamtes lagern zu können, die eine Grundtemperatur von minus 30° Celsius hatte.

### **Temperatur des Prellmediums**

Zur Messung der Temperatur des beschossenen Ackerbodens wurde ein Stabthermometer der Firma Voltcraft verwendet, welches einen Temperaturbereich von minus 50° Celsius bis plus 300° Celsius abdeckte. Die mit Ackerboden befüllten Kisten wurden jeweils einige Tage vor den über mehrere Monate verteilten Versuchstagen in die o.g. Tiefkühltruhe eingelagert und wiesen zum Beschußzeitpunkt eine Durchschnittstemperatur von minus 16,1° Celsius auf.

### **Neigungsvorrichtung**

Damit der Ackerboden in verschiedenen Winkeln beschossen und die Kisten an die Höhe der Seelenachse des Meßlaufs angepasst werden konnten, wurde ein mobiler Hubtisch verwendet (siehe Abb. 38). Auf

diesen wurde über ein Scharniers eine Holzplatte geschraubt, welche mittels zweier Schraubgewinde und mehreren, verschieden großen Holzblöcken in unterschiedlichen Stellungen arretiert werden konnte. Unter ständiger Blickkontrolle durch das Zielfernrohr des Schießbocks ist die jeweilige Holzkiste dann auf die entsprechende Höhe bzw. unter Kontrolle mit einem Winkelmesser auf den entsprechenden Winkel eingestellt worden. Die Seelenachse des Schießbocks bzw. des Laufs blieb während der Schußversuche unverändert bzw. genau horizontal ( $0^\circ$ ).



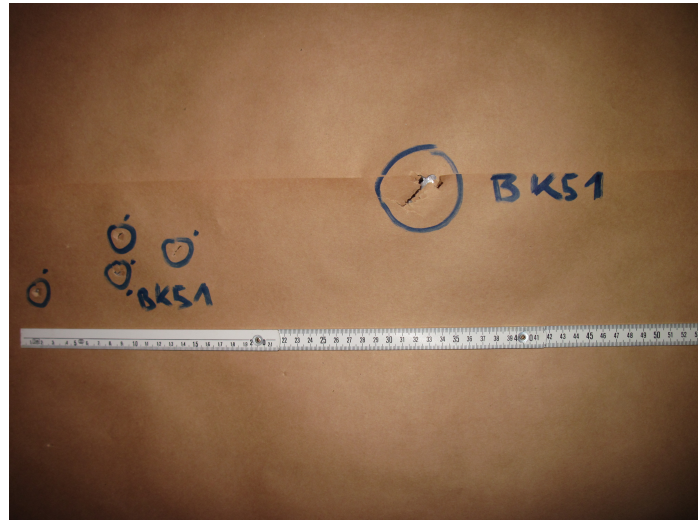
**Abb. 38**

*Höhenverstellbarer Hubtisch mit  
Neigungsvorrichtung*

### **Polycarbonat - Anschußtafel**

Um die maximale Streuung aller Teile eines abgeprallten und evtl. zersplitternden Geschosses in Höhe und Breite sowie den Abprallwinkel des verbliebenen Geschosshauptkörpers in der sagittalen Ebene beurteilen zu können, wurde ein Holzgestell gebaut (siehe Abb. 39). An dieses wurde eine Polycarbonatfolie geheftet, welche Geschosse, die eine Energie von weniger als 7 Joule besitzen, abfing. Zusätzlich ließ sich durch diesen Aufbau abschätzen, wo man das Geschosß später ungefähr auffangen können würde. Zur besseren Darstellbarkeit wurde dünnes Papier vor das Polycarbonat geheftet und die Einschußlöcher des abgeprallten Geschosses bzw. der Geschosßsplitter auf dem Papier mit Filzstift markiert (siehe Abb. 40). Papier und Polycarbonat wurden je nach Bedarf ausgewechselt. Die Anschußtafel befand sich in 1 m Entfernung hinter dem Prellmedium.

Eine Messung der Abprallwinkel in der horizontalen Ebene wurde nicht durchgeführt. Es wurde allerdings der auf der Anschußtafel auftretende Streukreis der Geschosßsplitter vermessen.



**Abb. 39 und 40**

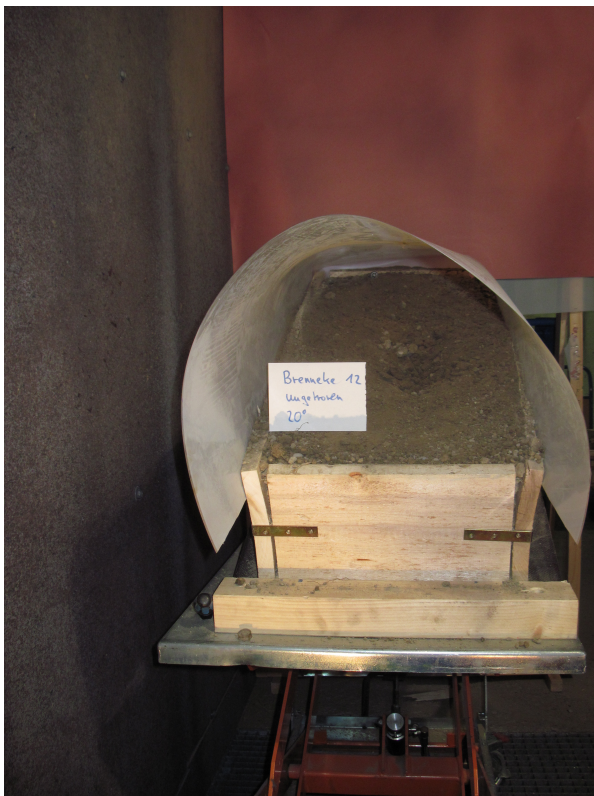
*Anschußtafel mit daran befestigter Polycarbonatfolie und Papier (links)  
sowie markierte Einschußlöcher auf Polycarbonat + Papier (rechts)*

### **Polycarbonat - Bedeckung der Holzkiste**

Beim Abprallen der Flintenlaufgeschosse (siehe 3.2.2 Untersuchungen Flintenlaufgeschöß / 3.2.2.1 Abprallwinkel / Grenzwinkel / Restmasse / Geschößdeformation) wurde zur Untersuchung einer speziellen Fragestellung die ansonsten auf der Anschußtafel befindliche Polycarbonatfolie deckelartig mit Hilfe eines Heftgerätes direkt an der mit



Ackerboden befüllten Holzkiste befestigt, wobei das dem Lauf abgewandte Ende und die Flanken der Kiste mit der Folie komplett verschlossen wurden. Hierdurch sollte es möglich werden, zu überprüfen, ob im Grenzwinkelbereich rikoschettierte Flintenlaufgeschosse, die wahrscheinlich nicht mehr im typischen Sinne mit in Richtung Anschußtafel gestreckter Flugbahn abprallten, noch genug Energie hatten, diese Folie zu durchschlagen (siehe Abb. 41).



**Abb. 41**

*Beschossene, mit ungefrorenem  
Ackerboden befüllte Holzkiste und  
direkt daran befestigte*

*Polycarbonatfolie*

*Flintenlaufgeschoss*

*Brenneke Original*

*Auftreffwinkel 20°*

## Winkelmesser

Um den Abgangswinkel der vom Ackerboden abgeprallten Geschosse simulieren zu können, wurde ein spreizbarer Winkelmesser der Firma

Winkeltronic verwendet. Dieser wurde auf die Abprallstelle im Ackerboden aufgesetzt, die Messung erfolgte durch Peilung des Einschußloches in der Anschußtafel mit Hilfe des integrierten Laserpointers. Anschließend wurde der Betrag des gemessenen Winkels auf dem Digitaldisplay abgelesen.

### **Auffangmedien**

Um die abgeprallten Geschosse sicher abfangen zu können, wurden in Kisten verpackte Woldecken und Stoffreste benutzt. Hierdurch sollte eine weitere Deformation und Splitterbildung des Geschosses nach dem Abprallen vom Ackerboden minimiert werden. Die Kisten wurden in mehreren Reihen hinter der Anschußtafel gestapelt. Alte Ein- und Ausschüsse wurden mit Filzstift markiert, so daß in Verbindung mit dem Einschußloch auf der Anschußtafel auf die Flugbahn des aktuellen Geschosses geschlossen und die jeweilige Kiste, die das Geschöß nicht mehr durchdrungen hat, abgesucht werden konnte.

### **Prinzipielles Vorgehen zur Ermittlung des Grenzwinkels**

Um den jeweiligen Grenzwinkel der Geschosse zu ermitteln, wurden zunächst Schüsse mit flachem Auftreffwinkel abgegeben, die ein Abprallen zur Folge hatten. Dann wurden orientierende Schüsse mit schrittweise erhöhtem Auftreffwinkel abgegeben - bis es zu ersten Steckschüssen kam. Darüberhinaus wurde der Auftreffwinkel dann noch weiter erhöht, um sicher sein zu können, daß die Schüsse weiterhin im Erdreich stecken blieben.

Insgesamt war es das Ziel, pro Auftreffwinkel je drei gültige Abprallschüsse zu erreichen. Hierbei wurden Schüsse, bei denen das abgeprallte Geschöß nicht gefunden werden konnte, oder solche, bei denen die Holzkiste vor dem eigentlichen Abprallen getroffen wurde (Streifschuß, Durchschuß oder Zerstörung der Holzkiste als Ganzes) wiederholt.

### **Grenzwinkel RWS Bionic Black**

Zur Ermittlung des Grenzwinkels des bleifreien Geschosses Bionic Black wurden die mit Ackerboden befüllten Holzkisten bei Auftreffwinkeln von 2° bis 10° (ungefrorener Boden, 16 verwertbare Schüsse) bzw. 2° bis 20° (gefrorener Boden, 18 verwertbare Schüsse) beschossen (siehe Tab. 1, S. 72). Hierbei wurde versucht, durch die bereits beschriebene Anpassung der Geschößlaborierung die vom Hersteller angegebene  $V_{100} = 759 \text{ m / s}$  [70] zu erreichen.

### **Grenzwinkel Norma Oryx**

In diesem Falle wurden die Holzkisten bei Auftreffwinkeln von 2° bis 6° (ungefrorener Boden, 9 verwertbare Schüsse) bzw. 2° bis 15° (gefrorener Boden, 12 verwertbare Schüsse) beschossen (siehe Tab. 2, S. 111). Hierbei wurde ebenfalls versucht, die vom Hersteller angegebene  $V_{100} = 722 \text{ m / s}$  [60] zu simulieren.

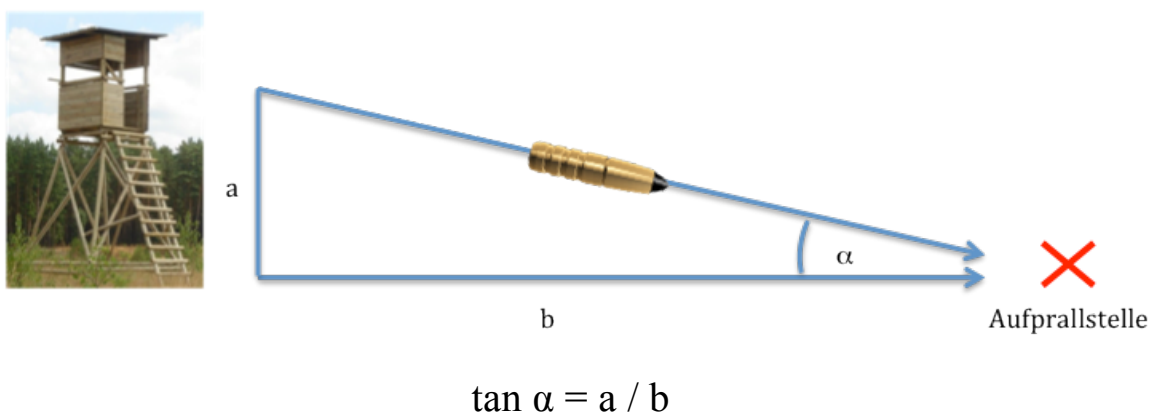


### Grenzwinkel Brenneke Original

Die Holzkisten wurden bei Auftreffwinkeln von  $15^\circ$  bis  $25^\circ$  (ungefrorener Boden, 9 verwertbare Schüsse) bzw.  $20^\circ$  bis  $35^\circ$  (gefrorener Boden, 12 verwertbare Schüsse) beschossen (siehe Tab. 3, S. 157). Auch hier wurde versucht, die vom Hersteller angegebene  $V_{20} = 374 \text{ m / s}$  [71] zu simulieren.

### Errechnung der für das Erreichen des Grenzwinkels notwendigen Mindesthöhe der Jagdeinrichtungen

Um den Auftreffwinkel eines Geschosses in die theoretisch jeweils notwendige Höhe einer Jagdeinrichtung umzuwandeln, die zum Erreichen des Grenzwinkels und somit zu ersten Steckschüssen führt, wurde die Tangens-Winkelfunktion wie folgt angewendet [62]:



**Abb. 42**

*Errechnung der theoretischen Jagdeinrichtungshöhe, ab der mit Steckschüssen zu rechnen ist*

$\alpha$  bezeichnet hier den Auftreffwinkel des Geschosses,  $a$  die Schußhöhe (Abstand Boden - Laufmündung) und  $b$  die Schußentfernung.

### **Ballistische Seife**

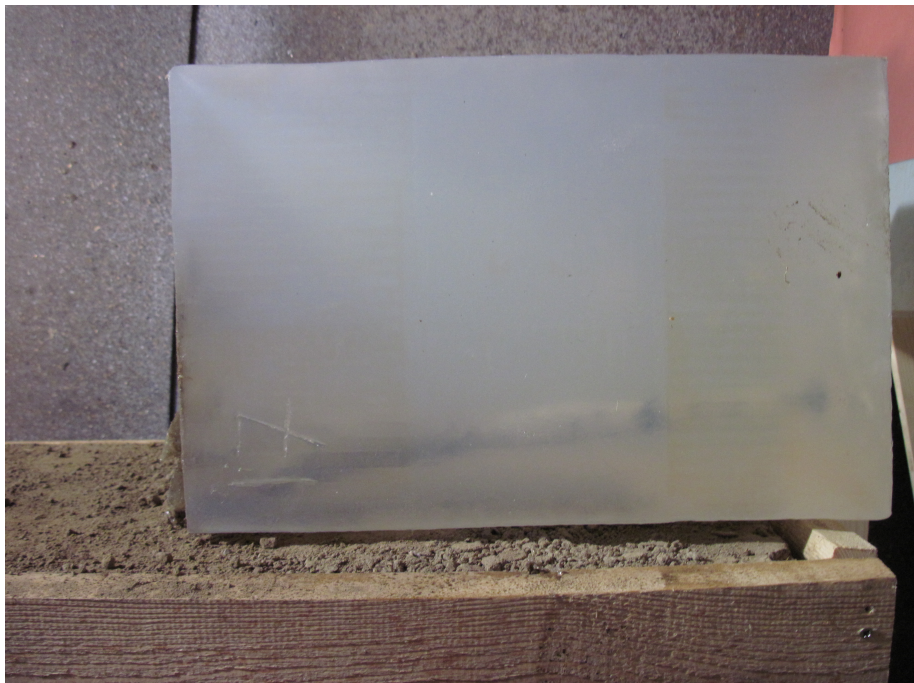
Zur Beurteilung von Restenergie und Gefährdungspotential der vom Ackerboden abgeprallten Geschosse wurden nach Abschluß der eigentlichen Abprallserie bei ausgewählten Auftreffwinkeln Blöcke aus ballistischer Glycerinseife mit den folgenden Parametern beschossen: die Dichte lag zwischen 1060 und 1100 kg / m<sup>3</sup>, die Elastizitätsgrenze bei 0,5 N / mm<sup>2</sup> [46]. Die Seifenblöcke hatten ein Format von 25 cm x 25 cm x 40 cm (25 Liter) und wurden vom Sachgebiet 207 (Waffentechnik) des Bayerischen Landeskriminalamtes zur Verfügung gestellt.

Hierbei wurde für ungefrorenen und gefrorenen Boden sowohl je ein flacher Winkel gewählt, bei welchem das Geschöß in den Abprallserien regelmäßig abprallte, als auch ein Winkel im Grenzwinkelbereich, in welchem das Geschöß üblicherweise nicht mehr im typischen Sinne abprallte oder ganz im Erdreich stecken blieb. Die Seifenblöcke wurden auf die befüllten Holzkisten gestellt oder mittels einer Hebevorrichtung auf Höhe der Kisten gefahren und standen einige Zentimeter hinter der auf dem Ackerboden zu erwartenden Auftreffstelle des Geschosses (siehe Abb. 43 und 44). Somit befanden sie sich direkt in der erwarteten Flugrichtung des abgeprallten Geschosses bzw. der Geschößsplitter.



**Abb. 43**

*Mit Ackerboden befüllte Holzkiste, sowie Glycerinseifenblock und Stabthermometer vor dem Beschuß*



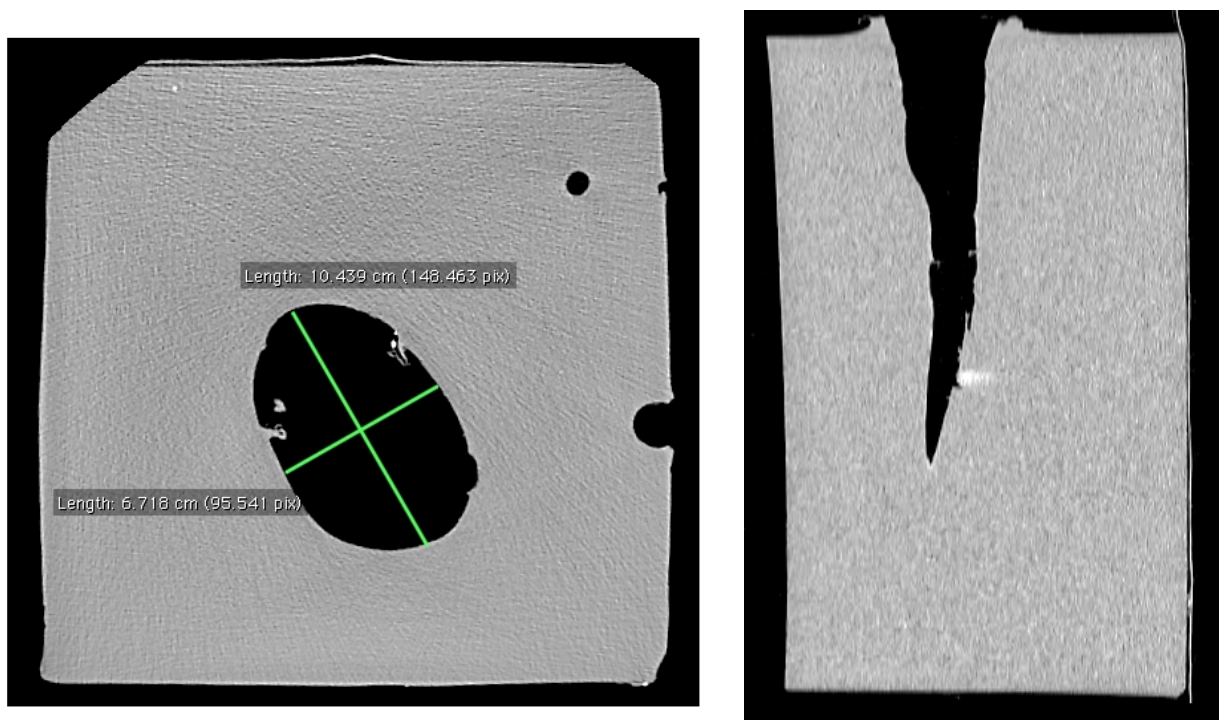
**Abb. 44**

*Seifenblock nach Beschuß mit einem Flintenlaufgeschosß (Auftreffwinkel 5°). Gut zu erkennen ist der im Seifenblock entstandene Schußkanal.*

### **Auswertung der beschossenen Seifenblöcke (Computertomograph / Osirix)**

Zur Analyse der durch die abgeprallten Geschosse in den Glycerinseifenblöcken entstandenen Schußkanäle wurden diese im Institut für klinische Radiologie der Ludwig-Maximilians-Universität München mittels eines Computertomographen (CT) vom Typ GE Discovery CT 750 HD mit einer Schichtdicke von 1,25 mm gescannt. Die weiteren Parameter lauteten wie folgt: Röhrenspannung 120 kV, Röhrenstrom 500 mAs, Pitch 0,516, Rotationszeit 0,5 s, 512 x 512 Matrix, field of view 37,5 cm.

Die entstandenen Bilder sind daraufhin anhand der Software Osirix [61] (Mac, OS X 10.7.5 Lion, siehe Abb. 45 und 46) ausgewertet worden: die durch den Beschuß in den Seifenblöcken entstandenen Kanäle wurden im Querschnitt schrittweise mit einem Intervall von 1 cm vermessen. In jedem Abschnitt wurden zwei Messungen durchgeführt (jeweils die beiden größten Durchmesser, anschließend Bildung des arithmetischen Mittels). So ergaben sich bei einem 40 cm langen Seifenblock je nach Länge des entstandenen Schußkanals demnach insgesamt bis zu 40 Einzelwerte.



**Abb. 45 und 46**

*Bestimmung der Ausmessungen des Schußkanals eines Seifenblockes anhand dessen CT-Bild (Osirix Software)*

### **Auswertung der beschossenen Seifeblöcke (k-Analyzer)**

Diese Einzelwerte wurden sodann jeweils in die k-Analyzer-Tabellenvorlage (Excel-Datei, Mac, OS X 10.7.5 Lion, siehe Abb. 47) eingetragen, wodurch eine automatische Errechnung des Gesamtvolumens des Schußkanals sowie der abgegebenen Energie und der Wirksamkeit in Korrelation zur Eindringtiefe ermöglicht wurde. Diese Werte wurden durch die Software im Anschluß in einem entsprechenden Graphen veranschaulicht (siehe Abb. 48) [39].

Zentrum Forensische Physik / Ballistik, Ballistisches Labor Hitzkirch

**Auswertung von Seifenbeschüssen****u<sup>b</sup>**

zur Bestimmung der Geschosswirksamkeit

**UNIVERSITÄT  
BERN**

Kaliber:

Kaliber (nominal)

FLG cal. 12

Geschosstyp:

Brenneke Original

Geschossmasse:

31,5 g

Realmass [mm]: 1

Bildmass [mm]: 1

Schuss:

CT 10 - FLG 12 - gefroren

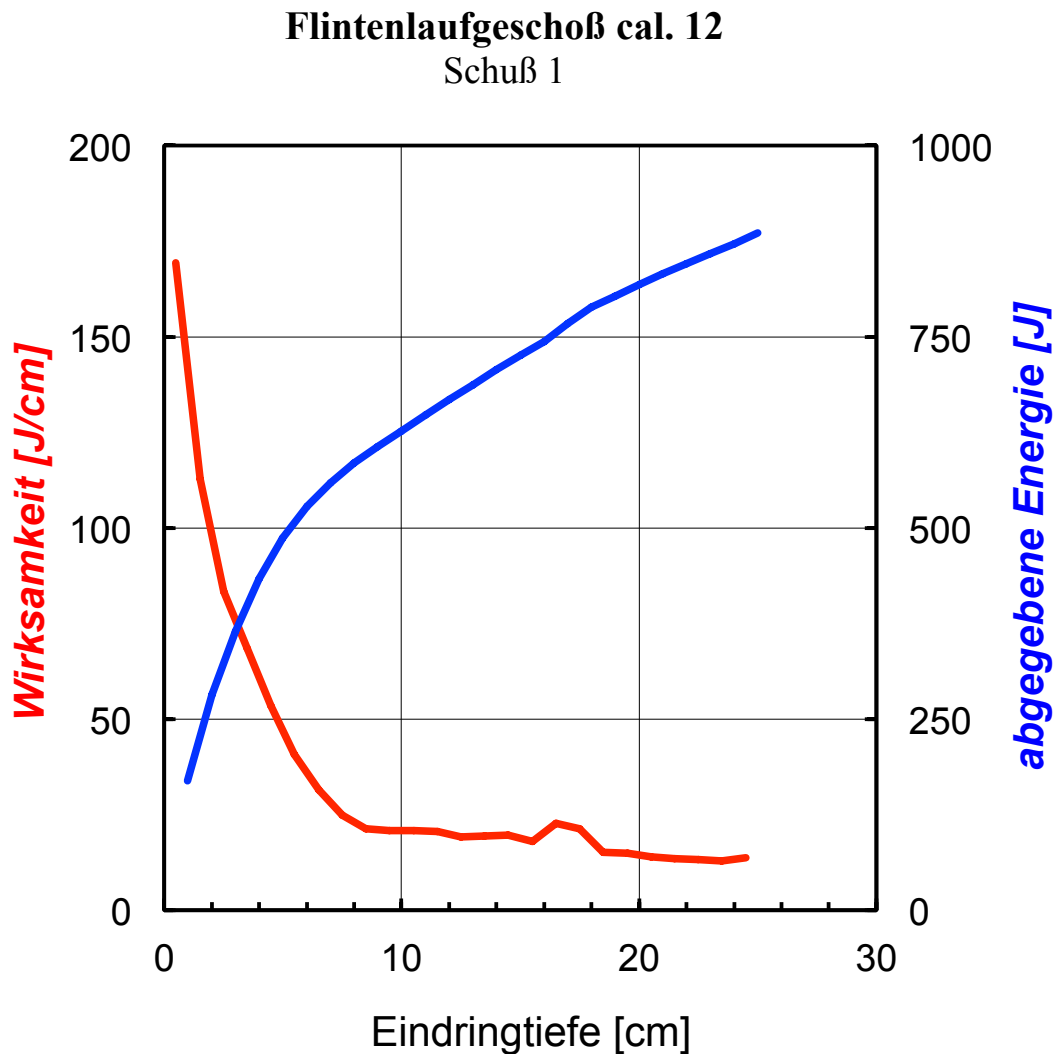
Massstabsfaktor: 1,000

Nr	Messwerte		Segment		Volumen- summe [cm <sup>3</sup> ]	Energieprofil		abgegebene Energie	
	Tiefe [mm]	Durchm. [mm]	Länge [cm]	Volumen [cm <sup>3</sup> ]		Tiefe [cm]	Wirksamk. [J/cm]	Tiefe [cm]	Energie [J]
0	0,0	50,4				0,00		0,00	
1	10,0	50,1	1,00	19,85	19,85	0,50	99,26	1,00	99,26
2	20,0	46,9	1,00	18,47	38,32	1,50	92,35	2,00	191,61
3	30,0	42,7	1,00	15,74	54,06	2,50	78,72	3,00	270,32
4	40,0	35,1	1,00	11,92	65,98	3,50	59,59	4,00	329,92
5	50,0	32,4	1,00	8,96	74,94	4,50	44,78	5,00	374,70
6	60,0	32,0	1,00	8,13	83,07	5,50	40,67	6,00	415,37
7	70,0	25,9	1,00	6,61	89,68	6,50	33,04	7,00	448,41
8	80,0	24,7	1,00	5,04	94,72	7,50	25,21	8,00	473,62
9	90,0	39,4	1,00	8,21	102,94	8,50	41,06	9,00	514,68
10	100,0	24,0	1,00	8,04	110,98	9,50	40,22	10,00	554,91
11	110,0	23,5	1,00	4,43	115,41	10,50	22,16	11,00	577,07
12	120,0	21,7	1,00	4,02	119,43	11,50	20,08	12,00	597,14
13	130,0	21,6	1,00	3,68	123,11	12,50	18,41	13,00	615,55
14	140,0	21,9	1,00	3,72	126,83	13,50	18,59	14,00	634,14
15	150,0	20,1	1,00	3,46	130,29	14,50	17,31	15,00	651,45
16	160,0	19,3	1,00	3,05	133,34	15,50	15,24	16,00	666,69
17	170,0	18,6	1,00	2,83	136,16	16,50	14,13	17,00	680,82
18	180,0	18,4	1,00	2,69	138,85	17,50	13,43	18,00	694,24
19	190,0	17,5	1,00	2,53	141,38	18,50	12,64	19,00	706,89
20	200,0	17,2	1,00	2,36	143,74	19,50	11,81	20,00	718,69
21	210,0	17,5	1,00	2,37	146,11	20,50	11,84	21,00	730,53
22	220,0	20,9	1,00	2,90	149,01	21,50	14,52	22,00	745,05
23	230,0	20,1	1,00	3,29	152,30	22,50	16,46	23,00	761,51
24	240,0	17,6	1,00	2,78	155,08	23,50	13,91	24,00	775,41
25	250,0	18,1	1,00	2,49	157,57	24,50	12,45	25,00	787,86

5 Seifenkennwert experimentell: 29,19 J/cm<sup>3</sup>15 Seifenkennwert für Rechnung: 5,00 J/cm<sup>3</sup>

CT 10 - FLG 12 - gefroren.xls/Schuss 1

**Abb. 47***k-Analyzer-Tabellenvorlage am Beispiel eines Flintenlaufgeschosses*

**Abb. 48**

*Mittels k-Analyzer berechnete Wirksamkeit und im Seifenblock abgegebene Energie am Beispiel eines Seifenbeschusses mit einem Flintenlaufgeschoß*

### Hochgeschwindigkeitskamera

Um einen genaueren Einblick in den Mechanismus des Rikoschettierens bzw. die Flugbahn des Geschosses vor und nach dem Rikoschettieren sowie den Durchtritt durch die ballistischen Seifenblöcke zu erhalten,



wurden einzelne Schußserien mit Hilfe einer Hochgeschwindigkeitskamera des Bayerischen Landeskriminalamtes gefilmt (siehe Abb. 49 und 50).

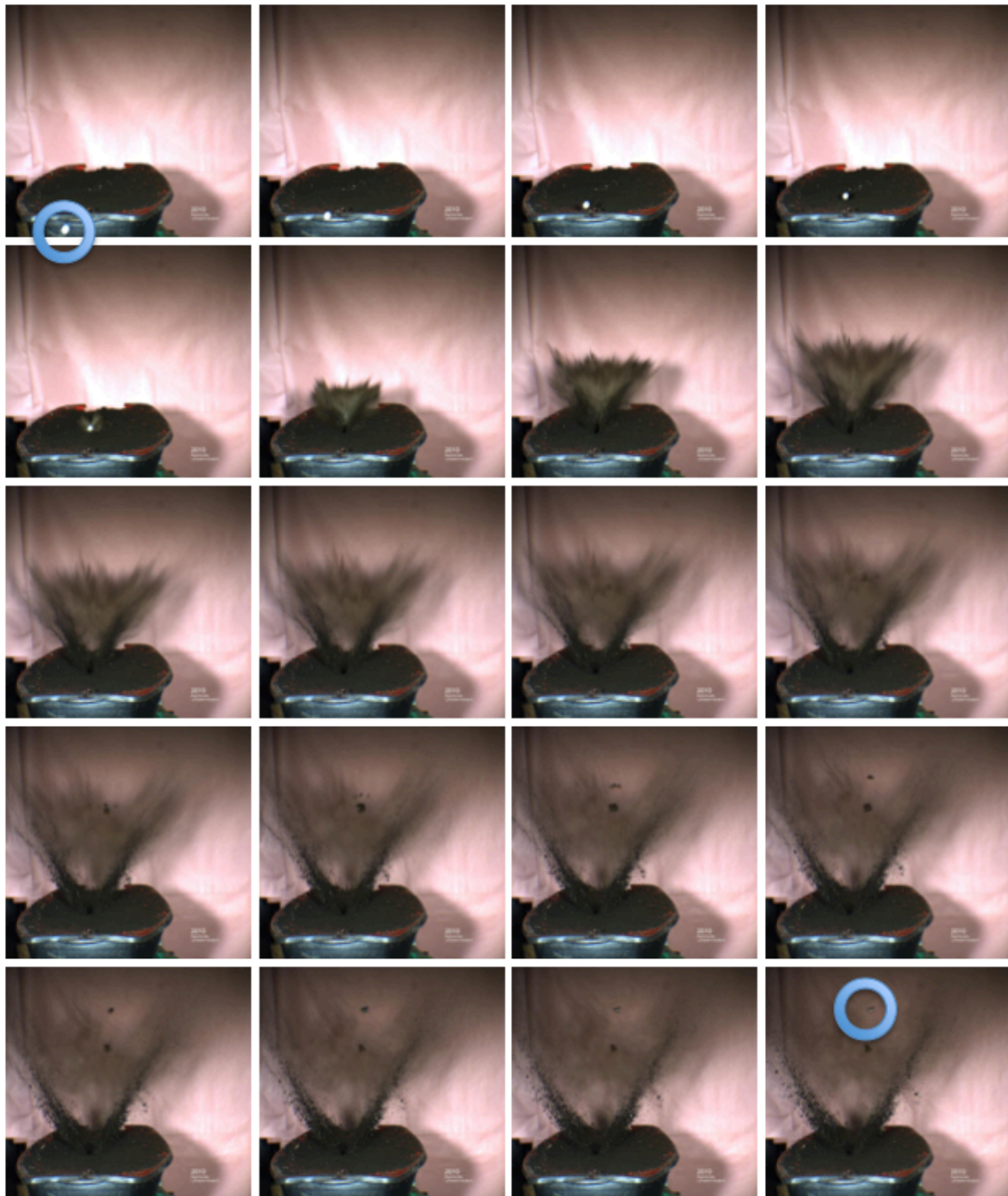


**Abb. 49**

*Blick auf die Hochgeschwindigkeitskamera und zwei Scheinwerfer.*

*Im Hintergrund steht der Hubwagen mit Ackerbodenkiste  
und Seifenblock sowie die Anschlußtafel*



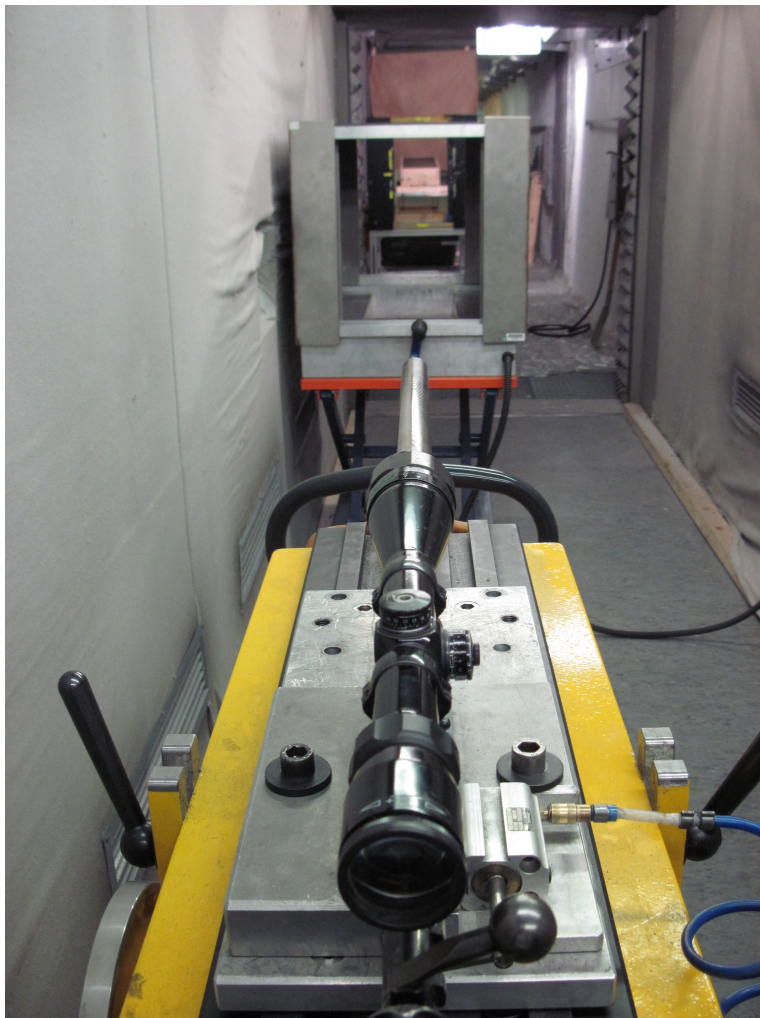
**Abb. 50**

*Abprallvorgang am Beispiel des Flintenlaufgeschosses Brenneke original von Ackerboden (ungefroren), Auftreffwinkel  $7^\circ$ , Geschwindigkeit =  $428 \text{ m/s}$   
Bildreihenfolge jeweils von links nach rechts bzw. von oben nach unten - Das Geschöß fliegt vom unteren Bildrand kommend nach dem Abprallen weiter zum oberen Bildrand. Das Geschöß bzw. die Durchtrittsstelle des Geschosses an der Anschußtafel ist im ersten und letzten Bild jeweils durch einen blauen Ring markiert.*

Folgende Abbildungen verdeutlichen den Gesamtaufbau im Beschußkeller:



**Abb. 51**      *Gesamtaufbau*



**Abb. 52**  
*Überblick über den  
Gesamtaufbau*

*Blick vom Schießbock in  
Richtung Prellmedium*

## **3.2 Ergebnisse**

### **3.2.1 Untersuchungen Büchsen Geschosse**

#### **3.2.1.1 Bleifreies Geschöß - RWS Bionic Black .30-06**

##### **3.2.1.1.1 Abprallwinkel / Grenzwinkel / Restmasse / Geschößdeformation**

### **Ergebnisse ungefrorener Boden (siehe Tab. 1 und Abb. 53)**

Es zeigte sich, daß das Geschöß Bionic Black bei einem sehr flachen Auftreffwinkel von  $2^\circ$  regelmäßig vom ungefrorenen Ackerboden abprallte. Die Abprallwinkel lagen zwischen  $4,6^\circ$  und  $16,6^\circ$ .

Die Streuung der entstandenen Geschößsplitter betrug 1 m hinter der Abprallstelle maximal 16 cm x 32 cm (Breite x Höhe, wie auch im Folgenden).

Auch bei einem Auftreffwinkel von  $5^\circ$  kam es regelmäßig zu einem Abprallen der Geschosse. Die Abprallwinkel lagen hierbei zwischen  $5,7^\circ$  und  $6,3^\circ$ .

Die Streuung der entstandenen Geschößsplitter betrug 1 m hinter der Abprallstelle maximal 68 cm x 77 cm.

Bei einem Auftreffwinkel von  $6^\circ$  prallten 50 % der abgefeuerten Geschosse nicht mehr vom Ackerboden ab. Die Abprallwinkel lagen zwischen  $4^\circ$  und  $8,3^\circ$ .

Die Streuung der entstandenen Geschößsplitter betrug 1 m hinter der Abprallstelle maximal 20 cm x 50 cm.

Bei Auftreffwinkeln von  $7,5^\circ$  und  $10^\circ$  blieben die Geschosse regelmäßig im Erdreich stecken.

Bei allen Auftreffwinkeln zerbrachen die Geschosse nach Deformation regelmäßig am Scharfrand. Übrig blieben leicht deformierte Geschoßkerne und mehrere Splitter der Geschoßspitze. Die Deformation beim Abprallen vom Ackerboden unterschied sich daher deutlich von der vom Hersteller vorgegebenen Deformation im Wildkörper, die eigentlich kein Zerbrechen des Geschosses am Scharfrand vorsieht.

Der Grenzwinkel dieses Geschosses schien im Falle des ungefrorenen Bodens demnach bei einem Auftreffwinkel von  $6^\circ$  zu liegen.

### **Ergebnisse gefrorener Boden** (siehe Tab. 1 und Abb. 54)

Es zeigte sich, daß das Geschoß Bionic Black bei einem Auftreffwinkel von  $2^\circ$ ,  $5^\circ$  und  $10^\circ$  regelmäßig vom Ackerboden abprallte.

Die hieraus resultierenden Abprallwinkel veränderten sich ausgehend von  $2,2^\circ$  -  $5,7^\circ$  (Auftreffwinkel  $2^\circ$ ) auf  $9,2^\circ$  -  $13,9^\circ$  (Auftreffwinkel  $5^\circ$ ) und schließlich auf bis zu  $6,2^\circ$  -  $21,3^\circ$  (Auftreffwinkel  $10^\circ$ ).

Die maximale Streuung aller Geschoßteile veränderte sich ausgehend von maximal 10 cm x 10 cm (Auftreffwinkel  $2^\circ$ ) auf 9 cm x 29 cm (Auftreffwinkel  $5^\circ$ ) und schließlich auf bis zu 30 cm x 27 cm (Auftreffwinkel  $10^\circ$ ).

Bei einem Auftreffwinkel von  $2^\circ$  wurde keines der drei Geschosse in der erwarteten Weise deformiert. Die Geschosse waren zwar etwas verformt, jedoch kam es noch nicht zur eigentlichen Aufpflzung mit der typischen Querschnittsvergrößerung.

Erst ab einem Auftreffwinkel von  $5^\circ$  kam es bei einem von drei Geschossen zu einer Deformation mit Querschnittsvergrößerung, bei den beiden anderen Geschossen brach die Geschößspitze ab.

Bei einem Auftreffwinkel von  $10^\circ$  zerbrachen die Geschosse nach Deformation regelmäßig am Scharfrand. Übrig blieben leicht deformierte Basisgeschosse und mehrere Splitter der Geschößspitze.

Bei einem Auftreffwinkel von  $15^\circ$  steckte eines von drei Geschossen im Erdreich fest.

Das zweite Geschöß steckte weder im Erdreich, noch war ein Kontakt mit der Anschußtafel festzustellen. Dieses deformierte Geschöß lag auf dem Boden. Die Flugbahn und der Abprallwinkel nach Abprallen waren nicht eindeutig zu rekonstruieren.

Das dritte Geschöß prallte mit einem Winkel von  $19,1^\circ$  ab und hinterließ eine Streuung der Geschößsplitter von 13cm x 14cm auf der Anschußtafel.

Auch bei einem Auftreffwinkel von  $15^\circ$  zerbrachen die Geschosse nach dem Abprallen regelmäßig am Scharfrand, übrig blieben ebenfalls leicht deformierte Basisgeschosse und mehrere Splitter der Geschößspitze.

Bei Auftreffwinkeln von  $17^\circ$  und  $20^\circ$  kam es regelmäßig zu Steckschüssen im Erdreich.

Auch hier zerbrachen die Geschosse nach dem Abprallen regelmäßig am Scharfrand, übrig blieben ebenfalls leicht deformierte Basisgeschosse und mehrere Splitter der Geschoßspitze.

Der Grenzwinkel dieses Geschosses schien im Falle des gefrorenen Bodens demnach bei einem Auftreffwinkel von  $15^\circ$  zu liegen.



Bionic Black						
V <sub>100</sub> lt. Herstellerangabe = 759 m / s, M = 10,0 g						
Auftreff- winkel	Abprall- winkel	Streuung (1m) in cm	laborierte V <sub>100</sub>	Restmasse in g	Restmasse in %	Sonstiges
ungefroren						
2	16,6	16 x 32	740,8	6,8	67,9	
	12,1	3,5 x 17	751,5	6,8	68,3	
	4,6	22 x 20	751,0	6,8	68,3	
5	5,9	68 x 77	744,4	6,8	68,3	
	5,7	20 x 45	743,8	6,8	68,4	
	6,3	25 x 62	735,5	6,8	68,3	
6	4	19 x 22	726,5	6,8	67,9	
	8,3	20 x 50	747,4	6,8	68,4	
	steckt	-	734,1	6,8	68,3	
	steckt	-	723,7	6,8	68,4	
7,5	steckt	-	743,5	6,8	68,2	
	steckt	-	736,9	6,8	68,2	
	steckt	-	735,8	6,8	68,0	
10	steckt	-	734,5	6,8	68,3	
	steckt	-	740,5	6,8	68,4	
	steckt	-	723,8	6,8	68,2	
gefroren						
2	3,1	9 x 7	780,4	9,8	97,8	
	2,2	6,5 x 7,5	721,1	9,9	98,8	
	5,7	10 x 10	718,7	9,8	98,1	
5	12,6	32 x 7	742,4	6,8	68,4	
	13,9	9 x 29	740,9	9,2	92,1	
	9,2	10 x 10	750,8	9,4	94,4	
10	16,4	30 x 27	747,0	5,4	54,0	
	21,3	5 x 50	733,5	6,8	68,1	
	6,2	30 x 27	770,5	6,8	68,4	
15	19,1	13 x 14	766,1	5,3	52,8	
	steckt	-	772,0	6,8	68,1	
	-	-	754,3	7,3	73,0	kein Folienkontakt / Geschoß am Boden
17	steckt	-	733,4	6,8	67,9	
	steckt	-	722,4	6,8	68,1	
	steckt	-	725,6	6,8	68,2	
20	steckt	-	746,0	6,3	63,3	
	steckt	-	755,7	6,8	68,1	
	steckt	-	741,6	6,8	68,2	

**Tab. 1**      Übersicht: abgegebene Schüsse

*Der Bereich des Grenzwinkels ist rot hinterlegt. Der ungefrorene Boden hat einen Grenzwinkel von 6°, der Grenzwinkel des gefrorenen Bodens liegt bei 15°.*

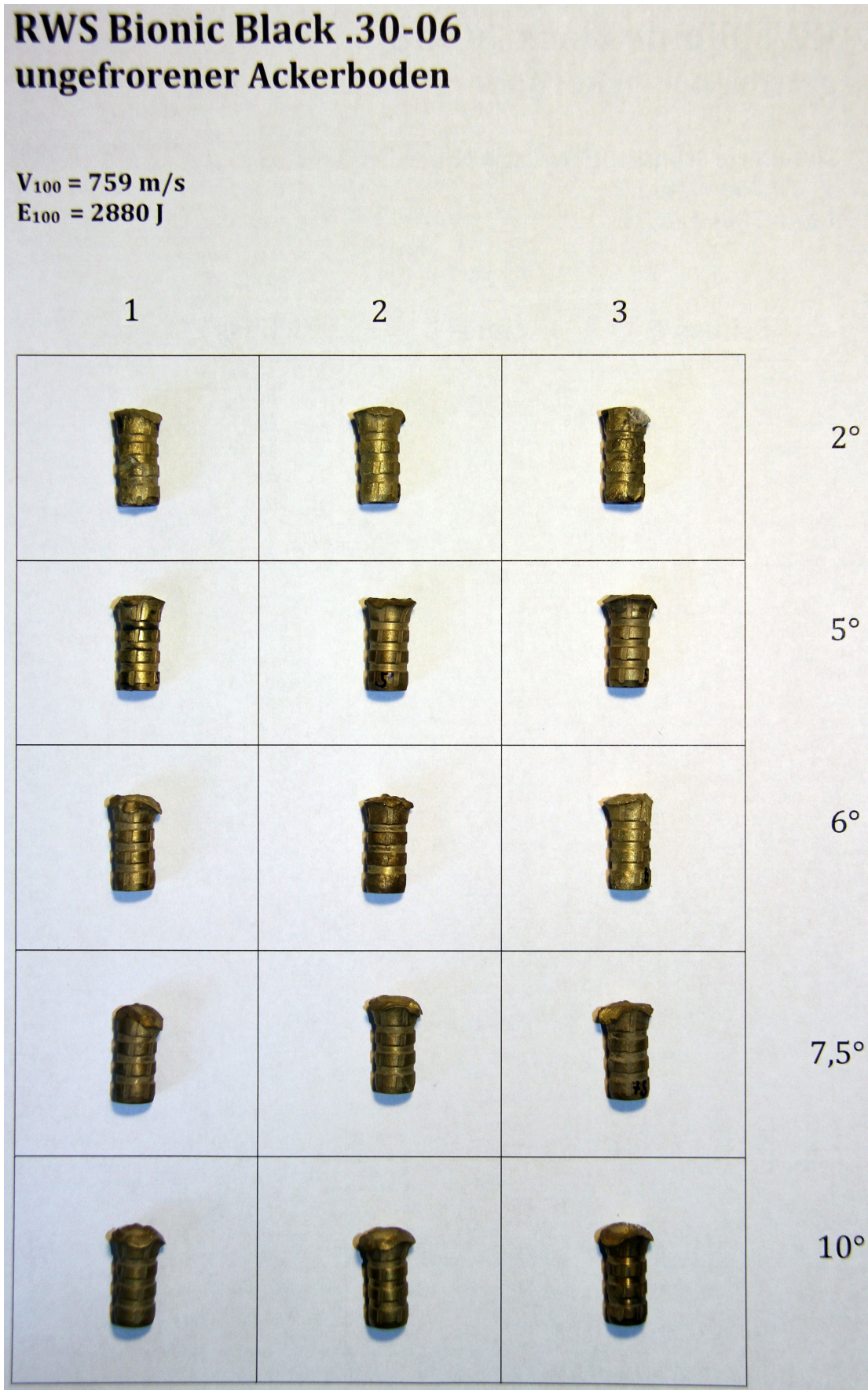


Abb. 53

*Übersicht: Geschößzustand nach Abprallen 1*



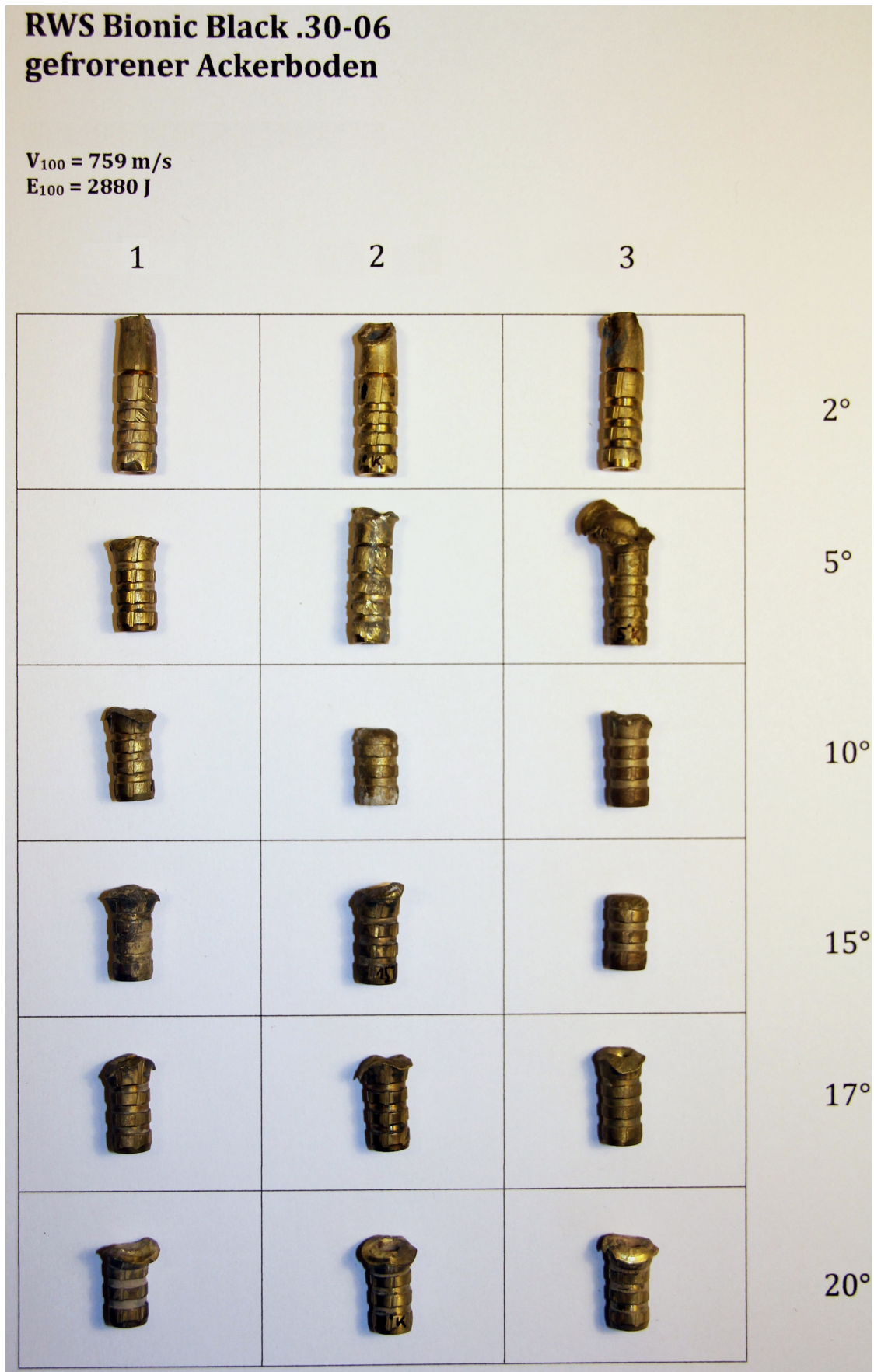


Abb. 54

*Übersicht: Geschößzustand nach Abprallen 2*

### **3.2.1 Untersuchungen Büchsen geschosse**

#### **3.2.1.1 Bleifreies Geschöß - RWS Bionic Black .30-06**

##### **3.2.1.1.2 Seifenbeschuß**

### **Ungefrorener Boden**

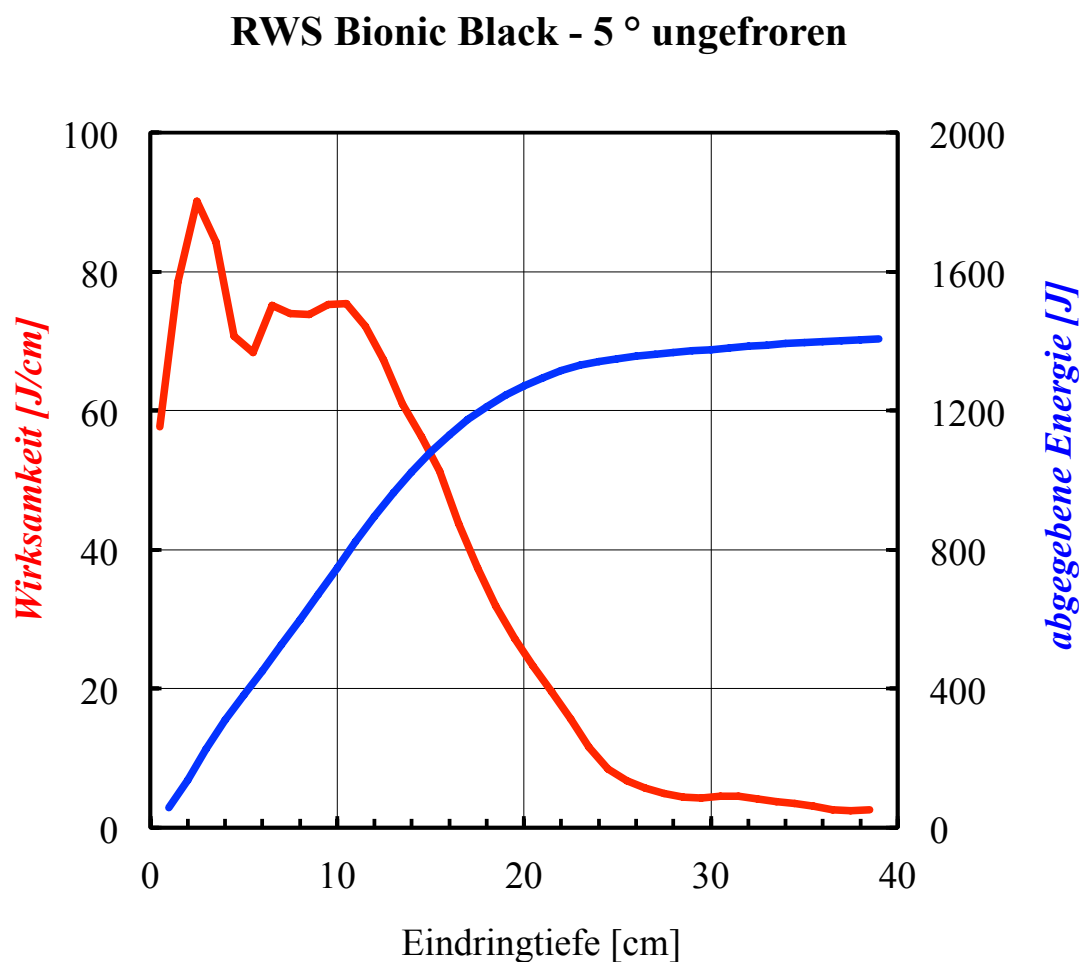
#### **Seifenbeschuß 1: flacher Winkel (Auftreffwinkel 5°)**

Bei Beschuß des ungefrorenen Ackerbodens prallten die Geschosse in der unter 3.2.1.1.1 beschriebenen Abprallserie bei einem Auftreffwinkel von 5° regelmäßig ab. Ein bei diesem Auftreffwinkel beschossener Seifenblock lieferte folgende Ergebnisse:

Das abgeprallte Geschöß hinterließ einen 40 cm langen Schußkanal im Seifenblock und verließ diesen anschließend wieder. Am Ende des Seifenblocks betrug der Durchmesser des Schußkanals noch 8,3 mm.

Die mittels Computertomographie bzw. Osirix-Software ermittelten Durchmesser des Schußkanals wurden sodann in die k-Analyzer-Tabellenvorlage eingetragen. Durch diese Einzelwerte konnte die entlang des Schußkanals abgegebene Energie berechnet werden (siehe auch 3.1 Material und Methoden - Auswertung der beschossenen Seifenblöcke) und graphisch dargestellt werden (siehe Abb. 55). Sie betrug 1406,89 J. Dies entsprach 48,85 % der ursprünglichen, der  $V_{100}$  entsprechenden Auftreffenergie von 2880 J. Da der Block durchschossen wurde, muß in diesem besonderen Falle angenommen werden, daß der wahre Wert der Restenergie über diesem als Minimum zu betrachtenden Wert liegt.

Die Wirksamkeit des Geschosses stieg bis zu einem Maximum von 90 J / cm an, welches bei 2,5 cm nach Eintritt in den Seifenblock lag. Danach fiel der Wert für die Wirksamkeit wieder ab - darin eingeschlossen zwei Plateaus mit einem erneuten Anstieg der Wirksamkeit auf 75,16 J / cm bzw. 75,36 J / cm bei einer Eintrittstiefe von 6,5 cm bzw. 10,5 cm.



**Abb. 55** Seifenbeschuß 1

*Mittels k-Analyzer berechnete Wirksamkeit und abgegebene Energie*

## **Ungefrorener Boden**

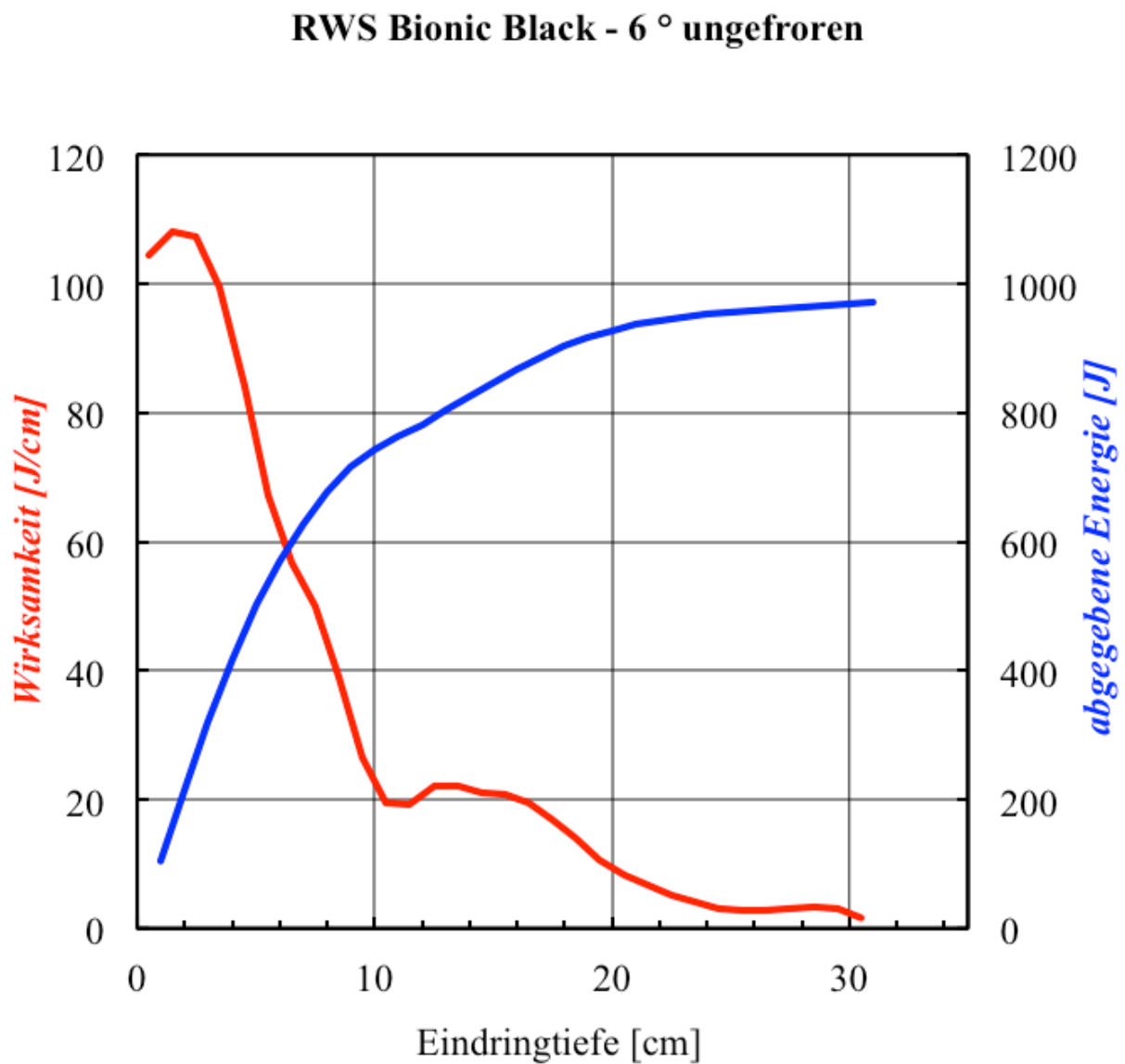
### **Seifenbeschuß 2: Grenzwinkelbereich (Auftreffwinkel 6°)**

Gemäß Abprallserie lag der Grenzwinkel des Geschosses im Falle des ungefrorenen Bodens in einem Auftreffwinkelbereich von 6°. Ein bei diesem Auftreffwinkel beschossener Seifenblock lieferte folgende Ergebnisse:

Das abgeprallte Geschöß hinterließ einen 31 cm langen Schußkanal im Seifenblock und steckte an dessen Ende im Seifenblock fest.

Die entlang dieses Kanals abgegebene Energie betrug lt. k-Analyzer 971,75 J. Dies entsprach 33,74 % der ursprünglichen, der  $V_{100}$  entsprechenden Auftreffenergie von 2880 J.

Die Wirksamkeit des Geschosses stieg bis zu einem Maximum von 108,18 J / cm an, welches bei 1,5 cm nach Eintritt in den Seifenblock lag. Danach fiel der Wert für die Wirksamkeit wieder ab - darin eingeschlossen ein Plateau mit einem erneuten Anstieg der Wirksamkeit auf 22,12 J / cm bei einer Eintrittstiefe von 12,5 cm (siehe Abb. 56).



**Abb. 56** Seifenbeschuß 2

*Mittels k-Analyzer berechnete Wirksamkeit und abgegebene Energie*

## **Gefrorener Boden**

### **Seifenbeschuß 3: flacher Winkel (Auftreffwinkel 5°)**

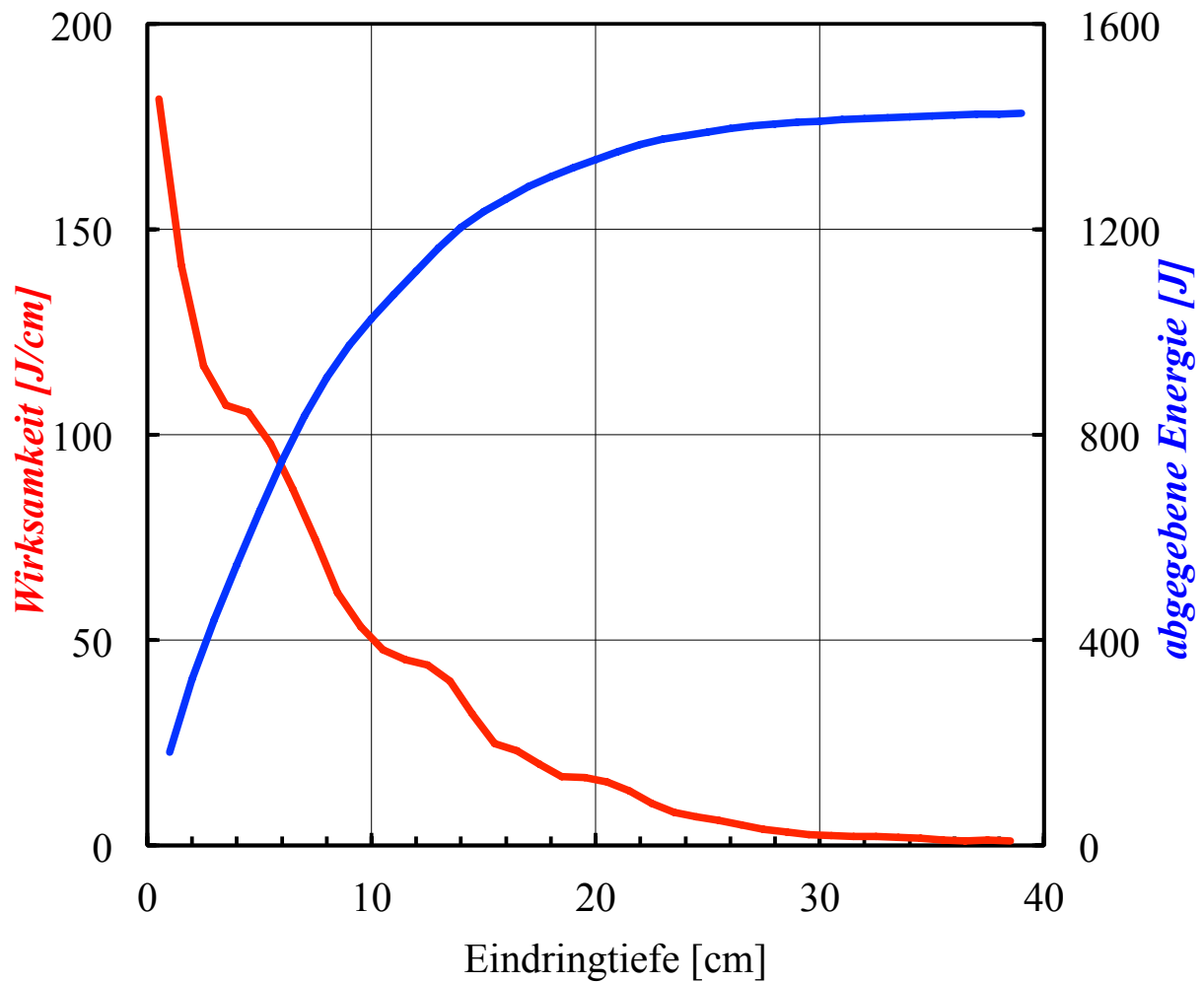
Bei Beschuß des gefrorenen Ackerbodens prallten die Geschosse in der Abprallserie bei einem Auftreffwinkel von 5° regelmäßig ab. Ein bei diesem Auftreffwinkel beschossener Seifenblock lieferte folgende Ergebnisse:

Das abgeprallte Geschöß hinterließ einen 40 cm langen Schußkanal im Seifenblock und verließ diesen anschließend wieder. Am Ende des Seifenblocks betrug der Durchmesser des Schußkanals noch 7,7 mm.

Die entlang dieses Kanals abgegebene Energie betrug lt. k-Analyzer 1426,64 J. Dies entsprach 49,54 % der ursprünglichen, der  $V_{100}$  entsprechenden Auftreffenergie von 2880 J.

Da der Block durchschossen wurde, muß in diesem besonderen Falle angenommen werden, daß der wahre Wert der Restenergie über diesem als Minimum zu betrachtenden Wert liegt.

Eine maximale Wirksamkeit von 181,65 J / cm entfaltete das Geschöß lt. k-Analyzer direkt nach Eintritt (nach etwa 0,5 cm) in den Seifenblock. Danach fiel der Wert für die Wirksamkeit ab (siehe Abb. 57).

**RWS Bionic Black - 5 ° gefroren****Abb. 57** Seifenbeschuß 3

*Mittels k-Analyzer berechnete Wirksamkeit und abgegebene Energie*

## **Gefrorener Boden**

### **Seifenbeschuß 4: Grenzwinkelbereich (Auftreffwinkel 15°)**

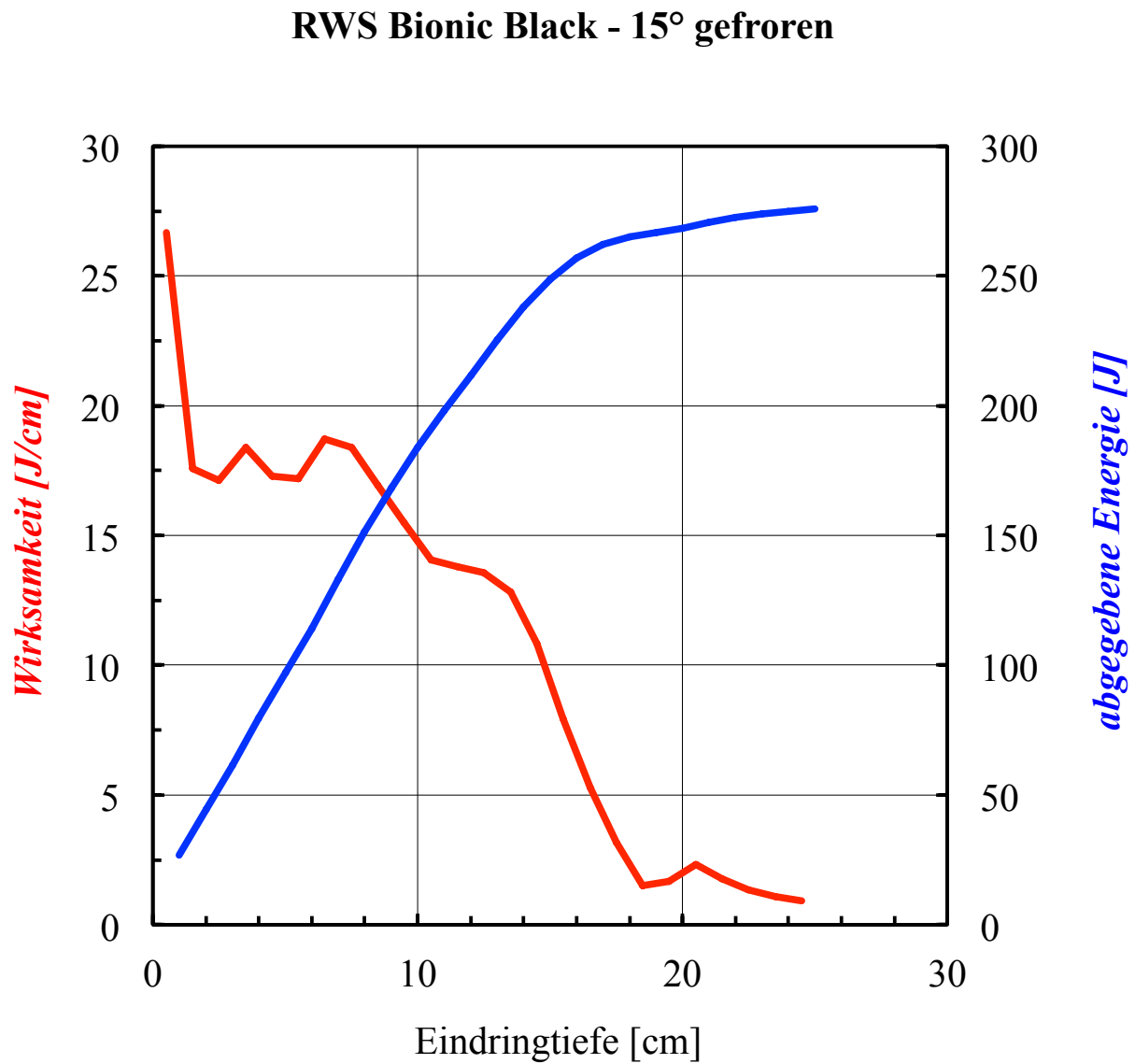
Gemäß Abprallserie lag der Grenzwinkel des Geschosses im Falle des gefrorenen Bodens in einem Auftreffwinkelbereich von 15°. Ein bei diesem Auftreffwinkel beschossener Seifenblock lieferte folgende Ergebnisse:

Das abgeprallte Geschoß hinterließ einen 27 cm langen Schußkanal im Seifenblock und steckte an dessen Ende im Seifenblock fest.

Die entlang dieses Kanals abgegebene Energie betrug lt. k-Analyzer 276,97 J. Dies entsprach 9,62 % der ursprünglichen, der  $V_{100}$  entsprechenden Auftreffenergie von 2880 J.

Eine maximale Wirksamkeit von 26,68 J / cm entfaltete das Geschoß lt. k-Analyzer direkt nach Eintritt (nach 0,5 cm) in den Seifenblock. Danach fiel der Wert für die Wirksamkeit wieder ab - darin eingeschlossen zwei Plateaus mit einem erneuten Anstieg der Wirksamkeit auf 18,40 J / cm bzw. 18,73 J / cm bei einer Eintrittstiefe von 3,5 cm bzw. 6,5 cm (siehe Abb. 58).



**Abb. 58**

Seifenbeschuß 4

*Mittels k-Analyzer berechnete Wirksamkeit und abgegebene Energie*

**3.2.1 Untersuchungen Büchsen geschosse**  
**3.2.1.2 Bleihaltiges Geschöß - Norma Oryx .30-06**  
**3.2.1.2.1 Abprallwinkel / Grenzwinkel / Restmasse /  
Geschößdeformation**

**Ergebnisse ungefrorener Boden** (siehe Tab. 2 und Abb. 59)

Es zeigte sich, daß das Geschöß Oryx bei einem sehr flachen Auftreffwinkel von  $2^\circ$  regelmäßig vom ungefrorenen Ackerboden abprallte. Die Abprallwinkel lagen zwischen  $0,5^\circ$  und  $15,5^\circ$ .

Die Streuung der entstandenen Geschößsplitter betrug 1 m hinter der Abprallstelle maximal 24 cm x 13 cm (Breite x Höhe, wie auch im Folgenden).

Bei zwei von drei Geschossen kam es nicht zu der erwarteten Deformation. Die Geschosse waren zwar etwas deformiert, jedoch kam es nicht zur eigentlichen Aufpilzung mit der typischen Querschnittsvergrößerung. Beim dritten Geschöß kam es zur vollständigen Deformation im Sinne einer Aufpilzung mit Querschnittsvergrößerung.

Bei Auftreffwinkeln von  $5^\circ$  und  $6^\circ$  kam es dazu, daß die Geschosse regelmäßig nicht abprallten, sondern im Erdreich stecken blieben. Die Geschosse waren regelmäßig stark deformiert und wiesen einen vergrößerten Querschnitt auf. Die Art und Weise, wie das Geschöß durch den Abprallvorgang deformiert wurde, war jener vom Hersteller vorgegebenen Deformation im Wildkörper relativ ähnlich. Je größer der Auftreffwinkel wurde, desto mehr deformierte das Geschöß. Allerdings

erschieden die Geschosse im Bereich der ehemaligen Geschößspitze eher „ausgefranst“ zu sein.

Der Grenzwinkel des Geschosses schien im Falle des ungefrorenen Bodens demnach im Bereich eines Auftreffwinkels zwischen  $2^\circ$  und  $5^\circ$  zu liegen.

### **Ergebnisse gefrorener Boden** (siehe Tab. 2 und Abb. 60)

Es zeigte sich, daß das Geschöß bei einem Auftreffwinkel von  $2^\circ$  regelmäßig vom Ackerboden abprallte. Die Abprallwinkel lagen zwischen  $0,4^\circ$  und  $24,9^\circ$ .

Die Streuung der entstandenen Geschößsplitter betrug 1 m hinter der Abprallstelle maximal 9 cm x 21 cm.

Bei einem von drei Geschossen kam es nicht zu der erwarteten Deformation. Das Geschöß wurde zwar etwas deformiert, jedoch kam es nicht zur eigentlichen Aufpilzung mit der typischen Querschnittsvergrößerung. Bei den anderen beiden Geschossen kam es zur vollständigen Deformation im Sinne einer Aufpilzung mit Querschnittsvergrößerung.

Bei einem Auftreffwinkel von  $5^\circ$  steckte ein Geschöß im Erdreich fest. Das zweite Geschöß steckte weder im Erdreich, noch war ein Kontakt mit der Anschußtafel festzustellen. Dieses deformierte Geschöß lag auf dem Boden. Die Flugbahn und der Abprallwinkel nach Abprallen waren nicht zu rekonstruieren. Das dritte Geschöß prallte mit einem Winkel von  $20,0^\circ$  ab, Die Streuung der entstandenen Geschößsplitter betrug 1 m hinter der

Abprallstelle maximal 21 cm x 6,5 cm. Alle Geschosse deformierten regelmäßig mit Querschnittsvergrößerung, ein nennenswerter Unterschied zwischen den drei Geschossen war nicht zu erkennen.

Bei Auftreffwinkeln von 10° und 15° kam es regelmäßig zu Steckschüssen im Erdreich. Alle Geschosse deformierten auch hier regelmäßig mit Querschnittsvergrößerung, ein nennenswerter Unterschied zwischen den drei Geschossen war nicht zu erkennen. Die Art und Weise, wie das Geschöß deformierte, war jener vom Hersteller vorgegebenen Deformation im Wildkörper auch hier sehr ähnlich. Je größer der Auftreffwinkel wurde, desto mehr wurde das Geschöß allerdings noch über den vom Hersteller vorgegebenen Zustand hinaus deformiert.

Der Grenzwinkel des Geschosses schien im Falle des gefrorenen Bodens demnach bei einem Auftreffwinkel von etwa 5° zu liegen.

Norma Oryx $V_{100}$ lt. Herstellerangabe = 722 m / s, M = 11,7 g						
Auftreff- winkel	Abprall- winkel	Streuung (1m) in cm	laborierte $V_{100}$	Restmasse in g	Restmasse in %	Sonstiges
<b>ungefroren</b>						
2	14,7	10 x 15	726,7	8,2	70,4	
	15,5	24 x 13	730,7	11,5	98,2	
	0,5	22 x 14	731,7	10,7	91,0	
5	steckt	-	734,5	5,3	45,1	
	steckt	-	741,0	6,0	50,8	
	steckt	-	729,4	6,9	59,2	
6	steckt	-	716,9	5,9	50,4	
	steckt	-	716,4	7,7	66,1	
	steckt	-	733,7	7,2	61,8	
<b>gefroren</b>						
2	24,9	9 x 21	719,5	5,4	46,1	
	8,7	4 x 8	720,6	4,7	40,0	
	0,4	7,5 x 5	718,4	10,8	91,9	
5	steckt	-	728,1	9,6	82,0	
	20,0	21 x 6,5	720,0	7,5	64,3	
	-	-	729,3	6,1	52,1	kein Folienkontakt / Geschoß am Boden
10	steckt	-	756,6	7,0	59,6	
	steckt	-	734,9	5,5	47,4	
	steckt	-	737,2	7,2	61,9	
15	steckt	-	733,5	7,1	60,9	
	steckt	-	729,6	9,6	82,1	
	steckt	-	729,7	8,4	72,2	

**Tab. 2**

*Übersicht: abgegebene Schüsse*

*Bereich des Grenzwinkels rot hinterlegt. Im Falle des ungefrorenen Bodens lag der Grenzwinkel zwischen 2° und 5°, der Grenzwinkel des gefrorenen Bodens lag bei genau 5°.*

## Norma Oryx .30-06 ungefrorener Ackerboden

$V_{100} = 722 \text{ m/s}$

$E_{100} = 3048 \text{ J}$

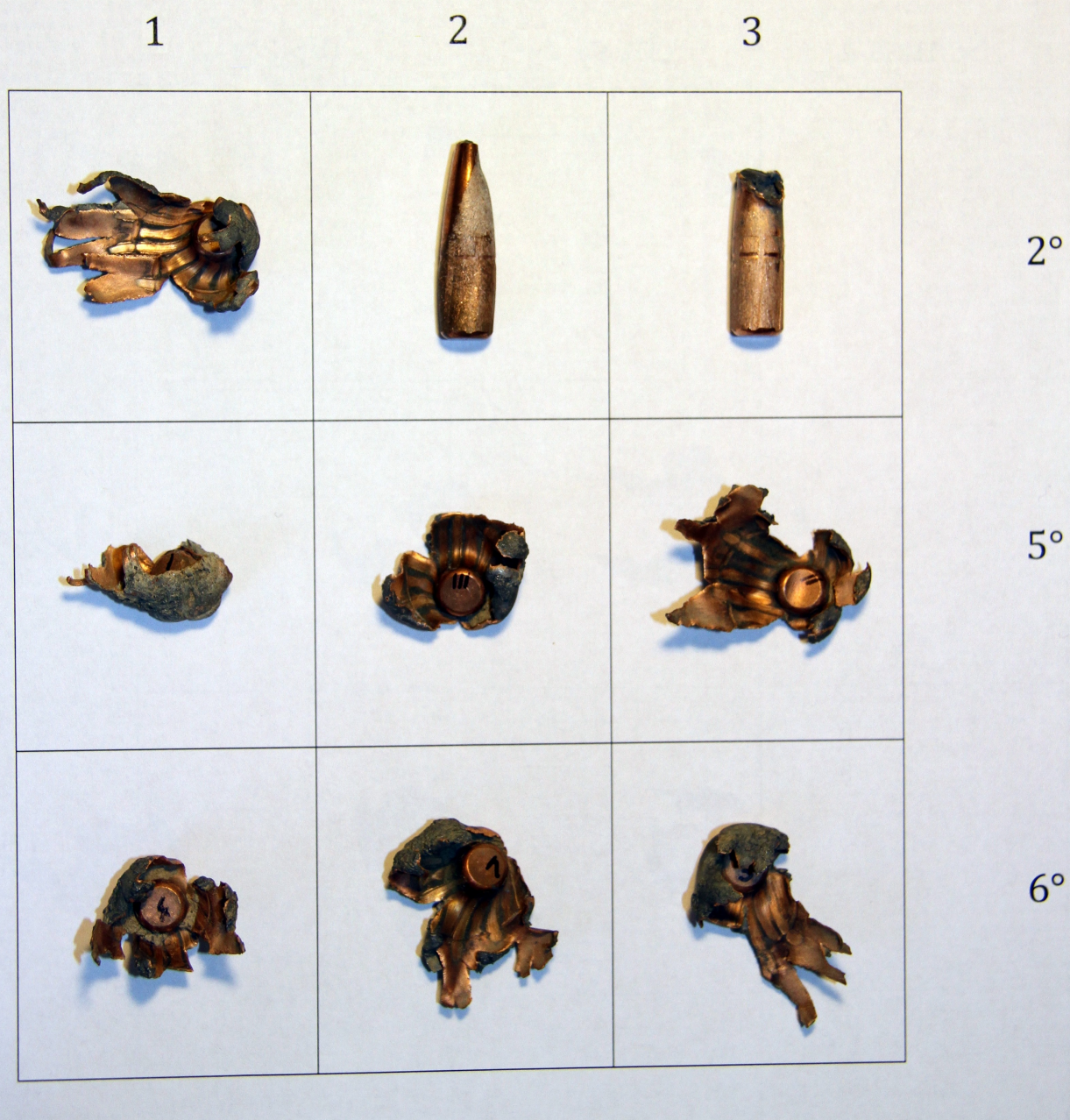
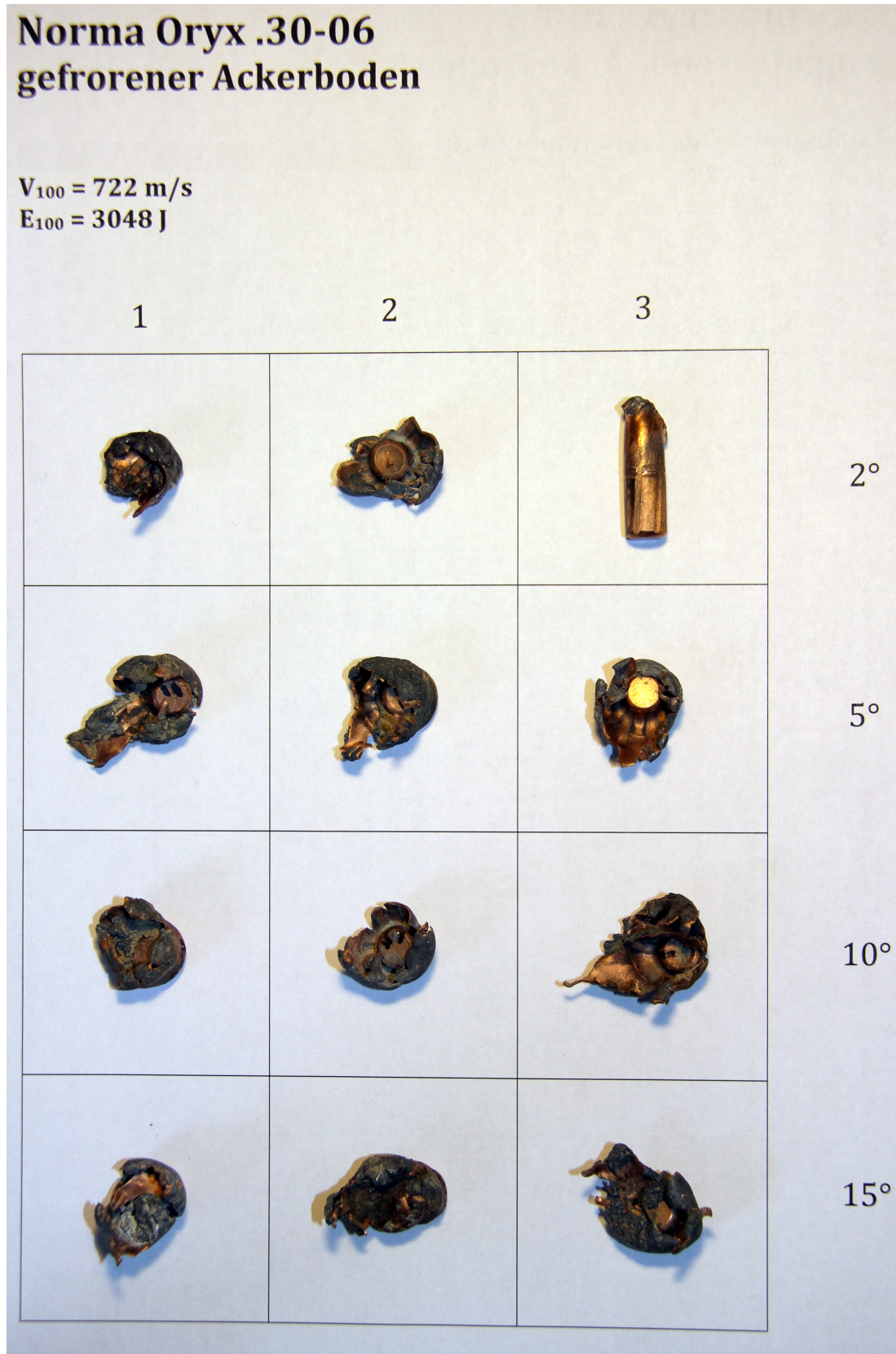


Abb. 59

Übersicht: Geschößzustand nach Abprallen 1



**Abb. 60***Übersicht: Geschosßzustand nach Abprallen 2*

**3.2.1 Untersuchungen Büchsen geschosse****3.2.1.2 Bleihaltiges Geschöß - Norma Oryx .30-06****3.2.1.2.2 Seifenbeschuß****Ungefrorener Boden****Seifenbeschuß 5: flacher Winkel (Auftreffwinkel 2°)**

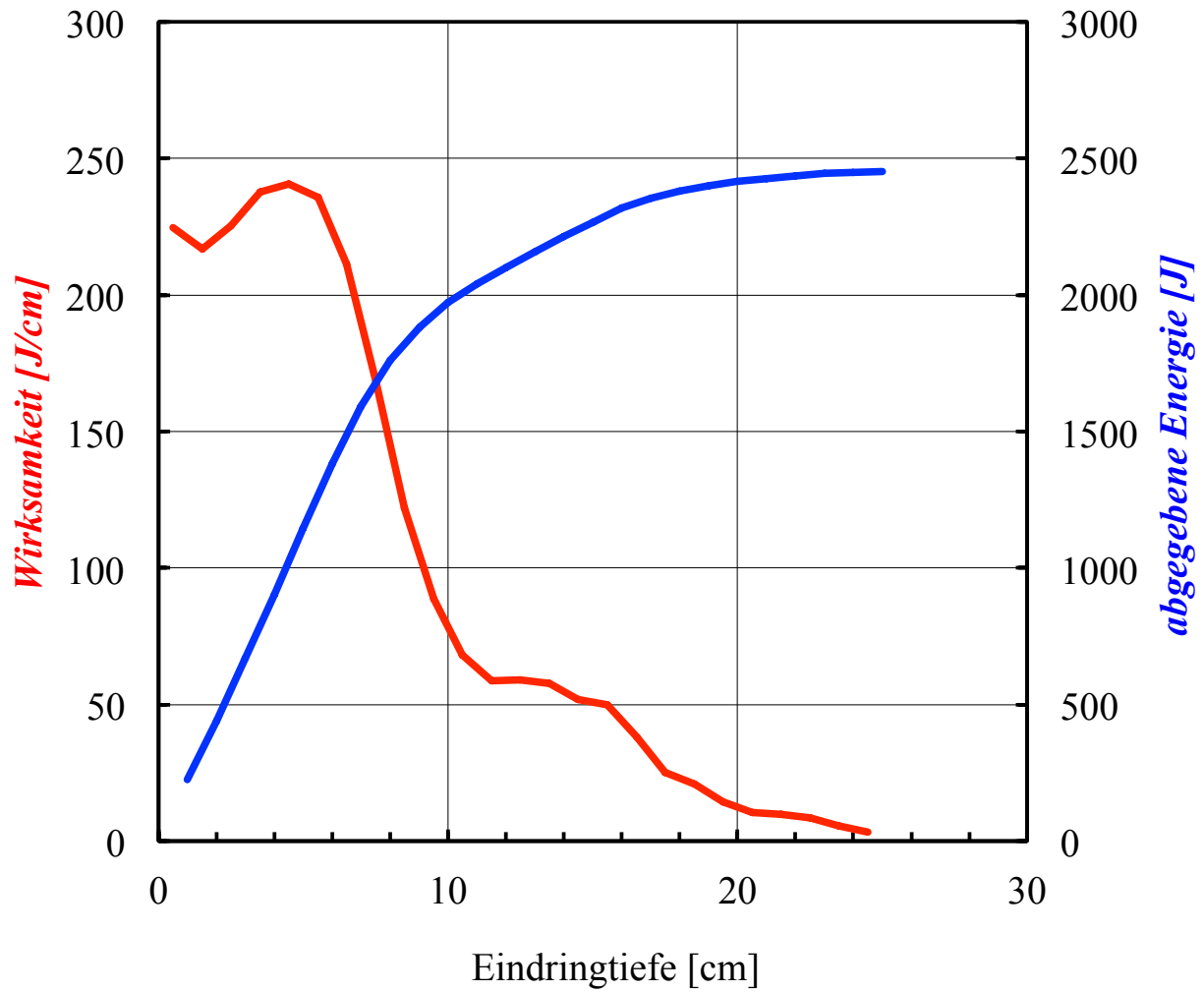
Bei Beschuß des ungefrorenen Ackerbodens prallten die Geschosse in der unter 3.2.1.2.1 beschriebenen Abprallserie bei einem Auftreffwinkel von 2° regelmäßig ab. Ein bei diesem Auftreffwinkel beschossener Seifenblock lieferte folgende Ergebnisse:

Das abgeprallte Geschöß hinterließ einen 25 cm langen Schußkanal im Seifenblock und steckte an dessen Ende im Seifenblock fest.

Die entlang dieses Kanals abgegebene Energie betrug lt. k-Analyzer 2453,15 J. Dies entsprach 80,48 % der ursprünglichen, der  $V_{100}$  entsprechenden Auftreffenergie von 3048 J.

Die Wirksamkeit des Geschosses stieg bis zu einem Maximum von 240 J / cm an, welches bei 4,5 cm nach Eintritt in den Seifenblock lag. Danach fiel der Wert für die Wirksamkeit wieder ab (siehe Abb. 61).



**Norma Oryx - 2° ungefroren****Abb. 61** Seifenbeschuß 5

*Mittels k-Analyzer berechnete Wirksamkeit und abgegebene Energie*

## **Ungefrorener Boden**

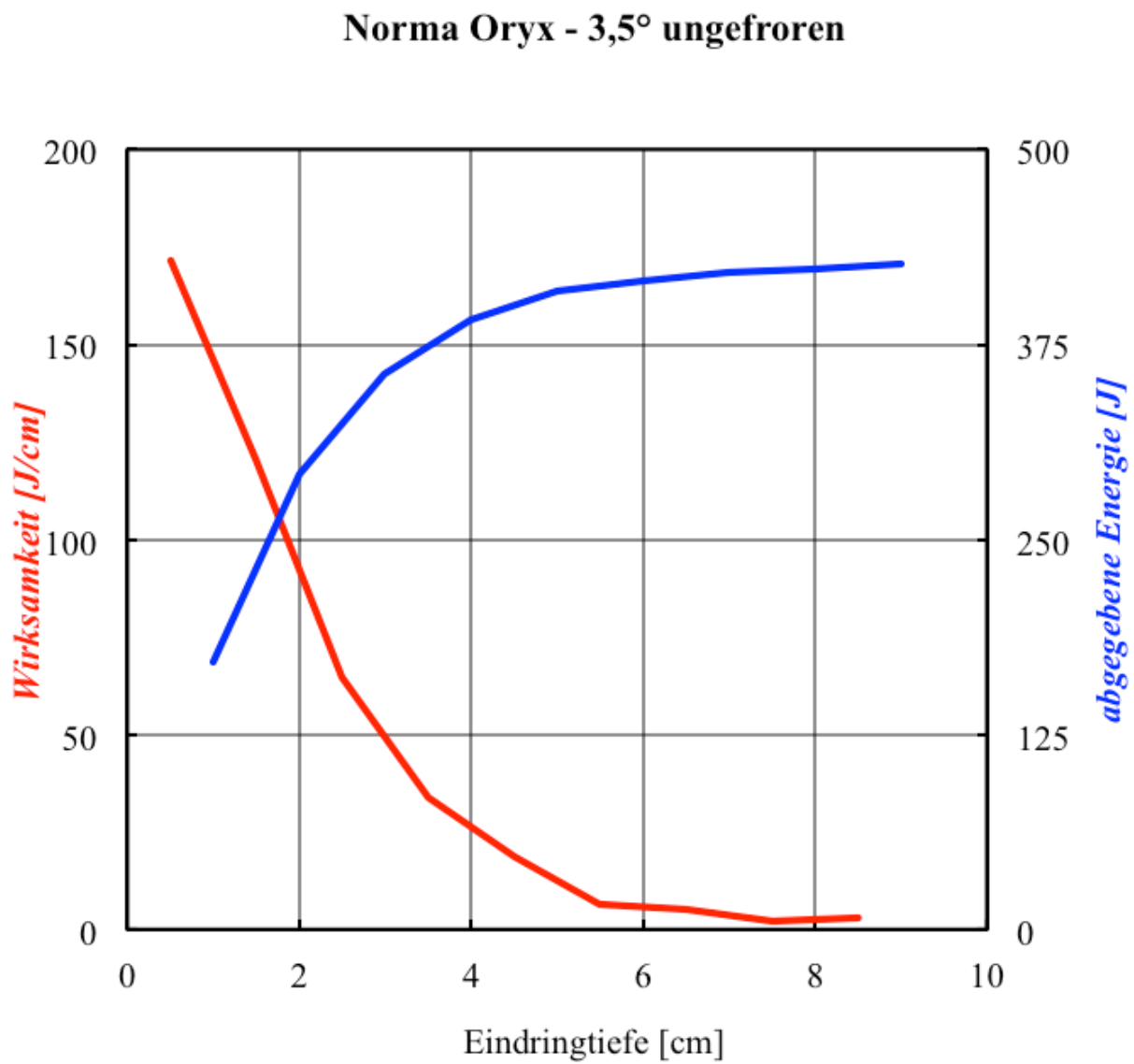
### **Seifenbeschuß 6: Grenzwinkelbereich (Auftreffwinkel 3,5°)**

Gemäß Abprallserie lag der Grenzwinkel des Geschosses im Falle des ungefrorenen Bodens in einem Auftreffwinkelbereich zwischen 2° und 5°. Daher wurde für den Seifenbeschuß ein dem Mittelwert entsprechender Auftreffwinkel von 3,5° gewählt. Es konnte Folgendes festgestellt werden:

Das abgeprallte Geschöß hinterließ einen 9 cm langen Schußkanal im Seifenblock und steckte an dessen Ende im Seifenblock fest.

Die entlang dieses Kanals abgegebene Energie betrug lt. k-Analyzer 426,24 J. Dies entsprach 13,98 % der ursprünglichen, der  $V_{100}$  entsprechenden Auftreffenergie von 3048 J.

Eine maximale Wirksamkeit von 171,34 J / cm entfaltete das Geschöß lt. k-Analyzer direkt nach Eintritt (nach 0,5 cm) in den Seifenblock. Danach fiel der Wert für die Wirksamkeit ab (siehe Abb. 62).



**Abb. 62**      Seifenbeschuß 6

*Mittels k-Analyzer berechnete Wirksamkeit und abgegebene Energie*

## **Gefrorener Boden**

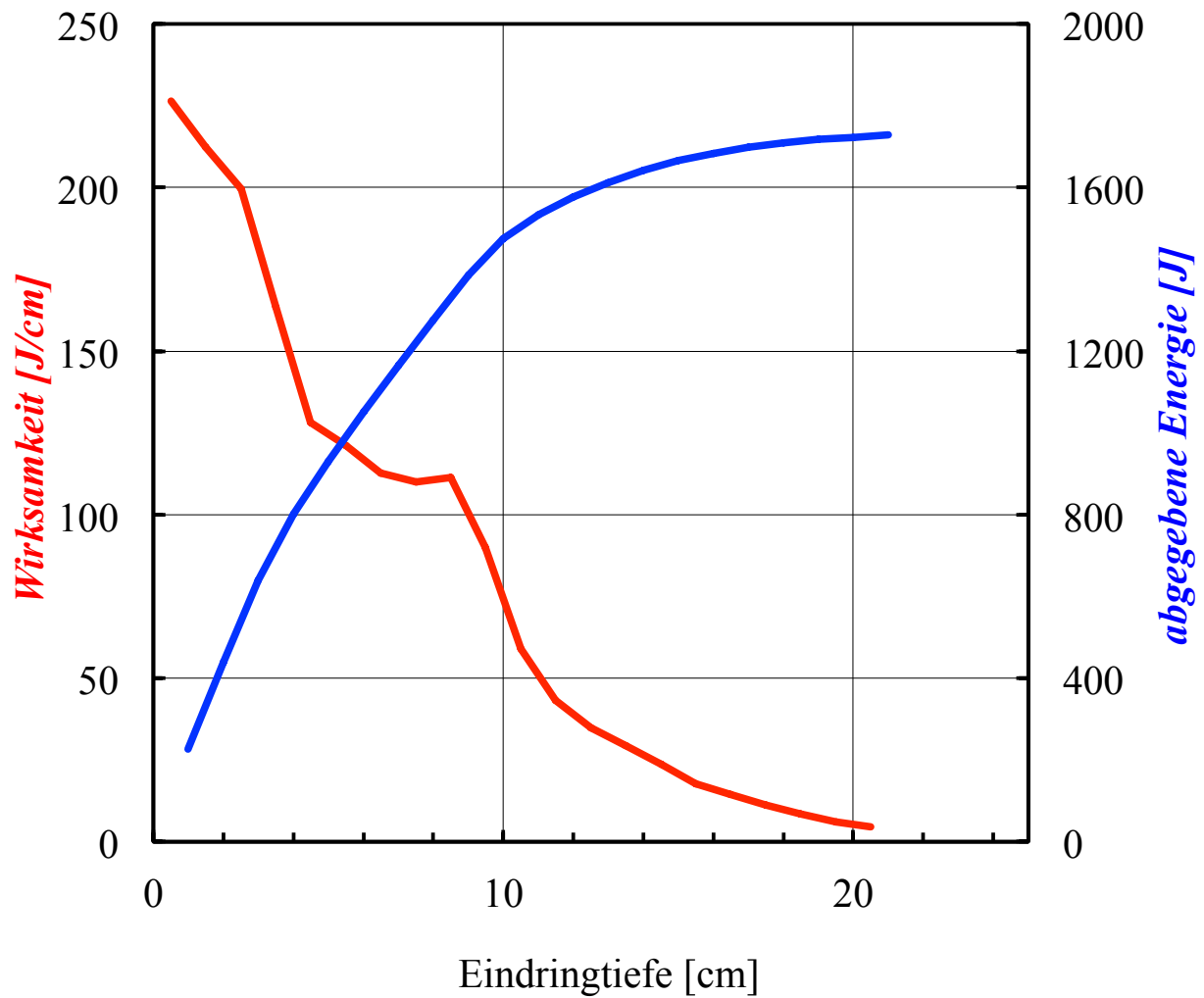
### **Seifenbeschuß 7: flacher Winkel (Auftreffwinkel 2°)**

Bei Beschuß des gefrorenen Ackerbodens prallten die Geschosse in der Abprallserie bei einem Auftreffwinkel von 2° regelmäßig ab. Ein bei diesem Auftreffwinkel beschossener Seifenblock lieferte folgende Ergebnisse:

Das abgeprallte Geschöß hinterließ einen 21 cm langen Schußkanal im Seifenblock und steckte an dessen Ende im Seifenblock fest.

Die entlang dieses Kanals abgegebene Energie betrug lt. k-Analyzer 1727,86 J. Dies entsprach 56,69 % der ursprünglichen, der  $V_{100}$  entsprechenden Auftreffenergie von 3048 J.

Eine maximale Wirksamkeit von 226,53 J / cm entfaltete das Geschöß lt. k-Analyzer direkt nach Eintritt (nach 0,5 cm) in den Seifenblock. Danach fiel der Wert für die Wirksamkeit ab (siehe Abb. 63).

**Norma Oryx, gefroren 2°****Abb. 63**

Seifenbeschuß 7

*Mittels k-Analyzer berechnete Wirksamkeit und abgegebene Energie*

## **Gefrorener Boden**

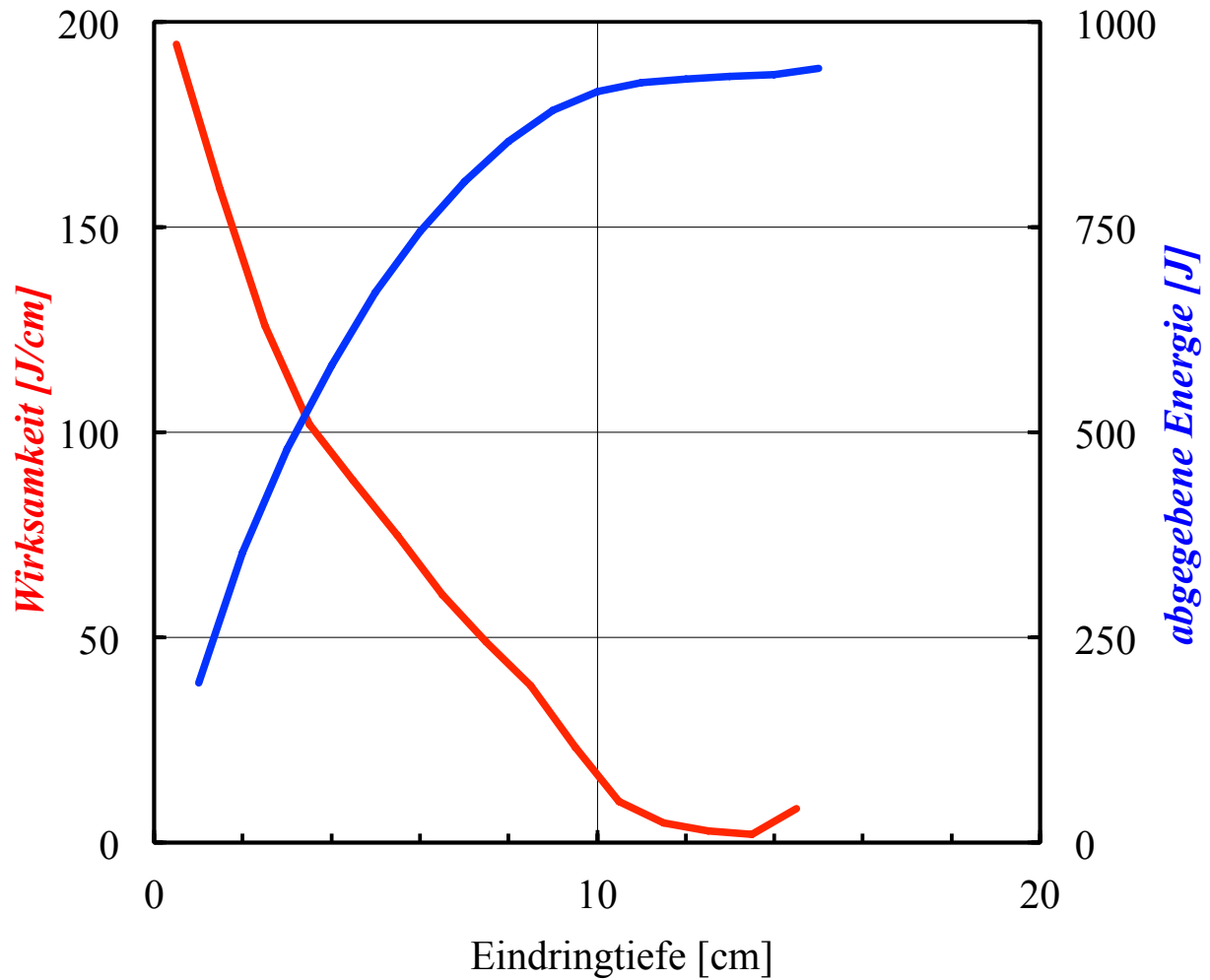
### **Seifenbeschuß 8: Grenzwinkelbereich (Auftreffwinkel 5°)**

Gemäß Abprallserie lag der Grenzwinkel des Geschosses im Falle des gefrorenen Bodens in einem Auftreffwinkelbereich von 5°. Ein bei diesem Auftreffwinkel beschossener Seifenblock lieferte folgende Ergebnisse:

Das abgeprallte Geschöß hinterließ einen 15 cm langen Schußkanal im Seifenblock und steckte an dessen Ende im Seifenblock fest.

Die entlang dieses Kanals abgegebene Energie betrug lt. k-Analyzer 943,53 J. Dies entsprach 30,96 % der ursprünglichen, der  $V_{100}$  entsprechenden Auftreffenergie von 3048 J.

Eine maximale Wirksamkeit von 194,49 J / cm entfaltete das Geschöß lt. k-Analyzer direkt nach Eintritt (nach 0,5 cm) in den Seifenblock. Danach fiel der Wert für die Wirksamkeit ab (siehe Abb. 64).

**Norma Oryx - 5° gefroren****Abb. 64** Seifenbeschuß 8

*Mittels k-Analyzer berechnete Wirksamkeit und abgegebene Energie*

### **3.2.1 Untersuchungen Büchsenengeschosse**

#### **3.2.1.3 Analyse der Ergebnisse**

##### **3.2.1.3.1 Abprallwinkel**

### **Bionic Black**

Tabelle 1.1, die einen Teil der abgegebenen Schüsse wiedergibt (siehe hierzu auch Tabelle 1, Seite 96), ist zu entnehmen, daß die Abprallwinkel der bei identischem Auftreffwinkel abgeprallten Geschosse teilweise erheblich variierten.

Bei Auftreffwinkeln von  $2^\circ$  wies das Geschöß Bionic Black im Falle des gefrorenen Bodens im Mittel einen Abprallwinkel von  $3,7^\circ$  auf, wobei der kleinste Abprallwinkel  $2,2^\circ$  und der größte Abprallwinkel  $5,7^\circ$  betrugen.

Beim ungefrorenen Boden lag dieser im Mittel bei  $11,1^\circ$ , mit  $4,6^\circ$  als kleinstem und  $16,6^\circ$  als größtem Abprallwinkel.

Bei Auftreffwinkeln von  $5^\circ$  lag der Abprallwinkel des Geschosses bei Beschuß des gefrorenen Bodens im Mittel bei  $11,9^\circ$ , wobei der kleinste Abprallwinkel  $9,2^\circ$  und der größte Abprallwinkel  $13,9^\circ$  betrugen.

Der ungefrorene Boden bewirkte hier im Mittel einen Abprallwinkel von  $6^\circ$ , mit  $5,7^\circ$  als kleinstem und  $6,3^\circ$  als größtem Abprallwinkel (siehe Abb. 65).



Bionic Black						
V <sub>100</sub> lt. Herstellerangabe = 759 m / s, M = 10,0 g						
Auftreff- winkel	Abprall- winkel	Streuung (1m) in cm	laborierte V <sub>100</sub>	Restmasse in g	Restmasse in %	Sonstiges
<b>ungefroren</b>						
2	16,6	16 x 32	740,8	6,8	67,9	
	12,1	3,5 x 17	751,5	6,8	68,3	
	4,6	22 x 20	751,0	6,8	68,3	
5	5,9	68 x 77	744,4	6,8	68,3	
	5,7	20 x 45	743,8	6,8	68,4	
	6,3	25 x 62	735,5	6,8	68,3	
<b>gefroren</b>						
2	3,1	9 x 7	780,4	9,8	97,8	
	2,2	6,5 x 7,5	721,1	9,9	98,8	
	5,7	10 x 10	718,7	9,8	98,1	
5	12,6	32 x 7	742,4	6,8	68,4	
	13,9	9 x 29	740,9	9,2	92,1	
	9,2	10 x 10	750,8	9,4	94,4	

Tab. 1.1

*RWS Bionic Black .30-06 - Auftreff- und Abprallwinkel*

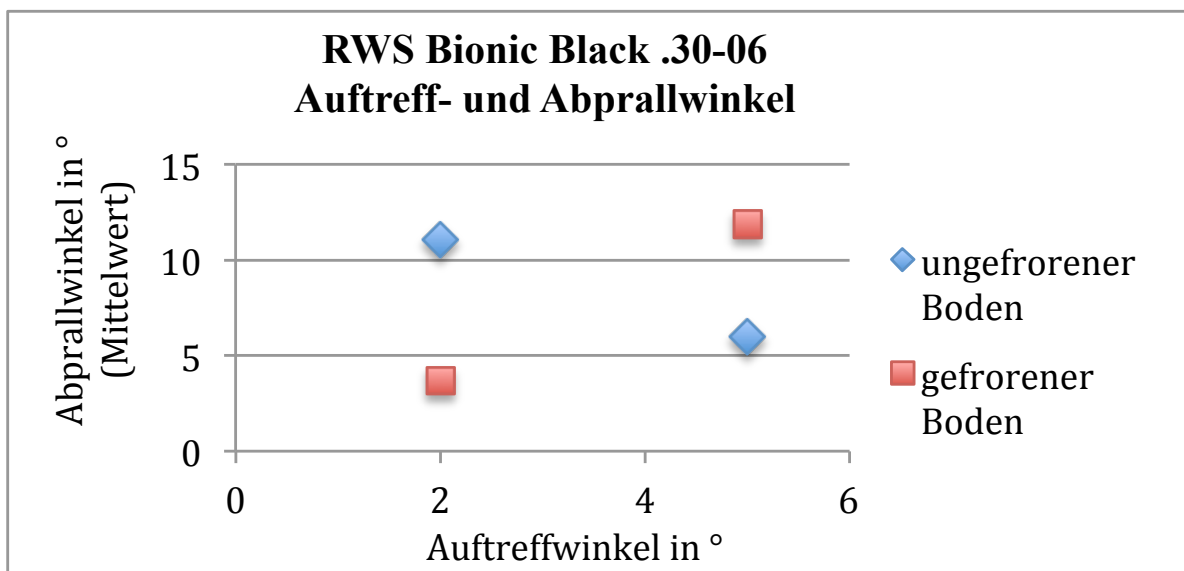


Abb. 65

*RWS Bionic Black .30-06 - Auftreff- und Abprallwinkel (Mittelwert)*

## **Norma Oryx**

Zunächst ist anzumerken, daß ein direkter Vergleich der Abprallwinkel nur bei Auftreffwinkeln von  $2^\circ$  möglich ist, da größere Auftreffwinkel im Falle des Oryx Geschosses bereits teilweise Steckschüsse zur Folge hatten.

Tabelle 2.1 (siehe hierzu auch Tabelle 2, Seite 85) ist zu entnehmen, daß die Abprallwinkel auch bei diesem Geschosß erheblich variierten.

Dies galt v.a. für den Beschuß des gefrorenen Bodens, der einen Unterschied im Abprallwinkel von maximal  $24,5^\circ$  aufwies, wobei der kleinste Abprallwinkel  $0,4^\circ$  und der größte Abprallwinkel  $24,9^\circ$  betrugen. Der Mittelwert betrug hier  $11,3^\circ$ .

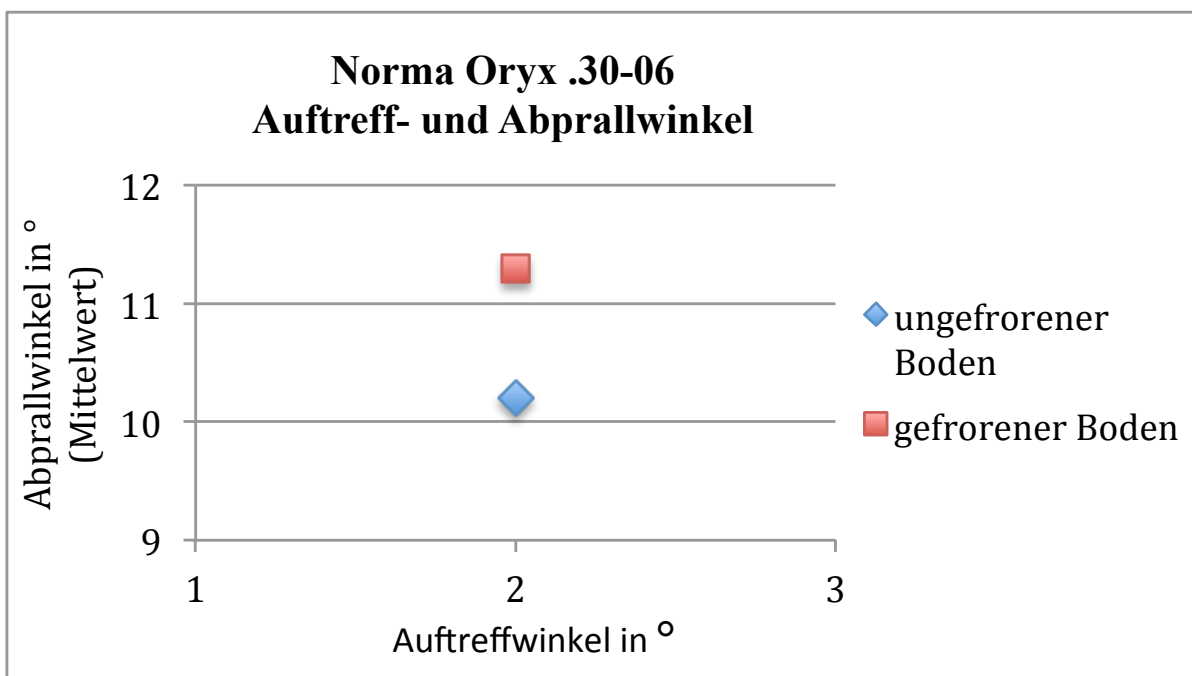
Der Abprallwinkel lag bei ungefrorenem Boden im Mittel bei  $10,2^\circ$ , wobei der kleinste Abprallwinkel  $0,5^\circ$  und der größte Abprallwinkel  $15,5^\circ$  betrugen.

Im Mittel waren die Abprallwinkel bei Beschuß des gefrorenen Bodens also größer (Mittelwert  $11,3^\circ$ ) als bei Beschuß des ungefrorenen Bodens (Mittelwert  $10,2^\circ$ ), wenngleich die Einzelwerte der Abprallwinkel von gefrorenem Boden (bis auf den Wert von  $24,9^\circ$ , der als Ausreißer zu betrachten ist) eher suggerierten, daß die Abprallwinkel eigentlich kleiner wären (siehe Abb. 66).

Norma Oryx $V_{100}$ lt. Herstellerangabe = 722 m / s, M = 11,7 g						
Auftreffwinkel	Abprallwinkel	Streuung (1m) in cm	laborierte $V_{100}$	Restmasse in g	Restmasse in %	Sonstiges
<b>ungefroren</b>						
2	14,7	10 x 15	726,7	8,2	70,4	
	15,5	24 x 13	730,7	11,5	98,2	
	0,5	22 x 14	731,7	10,7	91,0	
<b>gefroren</b>						
2	24,9	9 x 21	719,5	5,4	46,1	
	8,7	4 x 8	720,6	4,7	40,0	
	0,4	7,5 x 5	718,4	10,8	91,9	

**Tab. 2.1**

*Norma Oryx .30-06 - Auftreff- und Abprallwinkel*

**Abb. 66**

*Norma Oryx .30-06 - Auftreff- und Abprallwinkel (Mittelwert)*

### **Ungefrorener Boden**

Es ist anzumerken, daß auch hier ein direkter Vergleich der Abprallwinkel beider Geschosse nur bei Auftreffwinkeln von  $2^\circ$  möglich ist, da größere Auftreffwinkel im Falle des Oryx Geschosses bereits teilweise Steckschüsse zur Folge hatten.

Wie Tabelle 3 belegt, betrug der Abprallwinkel beim Geschöß Bionic Black im Mittel  $11,1^\circ$ , wobei der kleinste Abprallwinkel  $4,6^\circ$  und der größte Abprallwinkel  $16,6^\circ$  betrugen.

Beim Geschöß Oryx betrug der Abprallwinkel im Mittel  $10,2^\circ$ , wobei der kleinste Abprallwinkel  $0,5^\circ$  und der größte Abprallwinkel  $15,5^\circ$  betrugen.

Das Geschöß Bionic Black wies insgesamt betrachtet also größere Abprallwinkel auf (siehe Abb. 67).

Bionic Black $V_{100}$ lt. Herstellerangabe = 759 m / s, M = 10,0 g						
Auftreffwinkel	Abprallwinkel	Streuung (1m) in cm	laborierte $V_{100}$	Restmasse in g	Restmasse in %	Sonstiges

ungefroren						
2	16,6	16 x 32	740,8	6,8	67,9	
	12,1	3,5 x 17	751,5	6,8	68,3	
	4,6	22 x 20	751,0	6,8	68,3	

Norma Oryx $V_{100}$ lt. Herstellerangabe = 722 m / s, M = 11,7 g						
Auftreffwinkel	Abprallwinkel	Streuung (1m) in cm	laborierte $V_{100}$	Restmasse in g	Restmasse in %	Sonstiges

ungefroren						
2	14,7	10 x 15	726,7	8,2	70,4	
	15,5	24 x 13	730,7	11,5	98,2	
	0,5	22 x 14	731,7	10,7	91,0	

Tab. 3

*Auftreff- und Abprallwinkel bei ungefrorenem Boden*

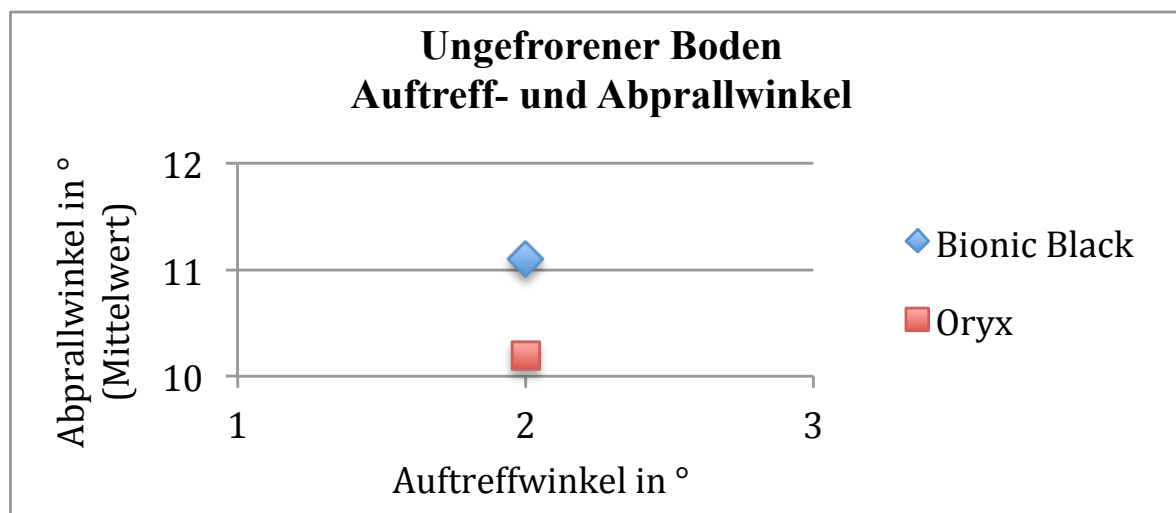


Abb. 67

*Ungefrorener Boden - Auftreff- und Abprallwinkel (Mittelwert)*

## **Gefrorener Boden**

Hier ist ebenfalls anzumerken, daß ein direkter Vergleich der Abprallwinkel beider Geschosse nur bei Auftreffwinkeln von  $2^\circ$  möglich ist, da größere Auftreffwinkel im Falle des Oryx Geschosses bereits Steckschüsse zur Folge hatten.

Wie Tabelle 4 belegt, betrug der Abprallwinkel beim Geschöß Bionic Black im Mittel  $3,7^\circ$ , wobei der kleinste Abprallwinkel  $2,2^\circ$  und der größte Abprallwinkel  $5,7^\circ$  betrugen.

Beim Geschöß Oryx betrug der Abprallwinkel im Mittel  $11,3^\circ$ , wobei der kleinste Abprallwinkel  $0,4^\circ$  und der größte Abprallwinkel  $24,9^\circ$  betrugen.

Das Geschöß Oryx wies insgesamt betrachtet also größere Abprallwinkel auf (siehe Abb. 68).

Bionic Black $V_{100}$ lt. Herstellerangabe = 759 m / s, M = 10,0 g						
Auftreffwinkel	Abprallwinkel	Streuung (1m) in cm	laborierte $V_{100}$	Restmasse in g	Restmasse in %	Sonstiges

gefroren						
2	3,1	9 x 7		780,4	9,8	97,8
	2,2	6,5 x 7,5		721,1	9,9	98,8
	5,7	10 x 10		718,7	9,8	98,1

Norma Oryx $V_{100}$ lt. Herstellerangabe = 722 m / s, M = 11,7 g						
Auftreffwinkel	Abprallwinkel	Streuung (1m) in cm	laborierte $V_{100}$	Restmasse in g	Restmasse in %	Sonstiges

gefroren						
2	24,9	9 x 21	719,5	5,4	46,1	
	8,7	4 x 8	720,6	4,7	40,0	
	0,4	7,5 x 5	718,4	10,8	91,9	

Tab. 4

*Auftreff- und Abprallwinkel bei gefrorenem Boden*

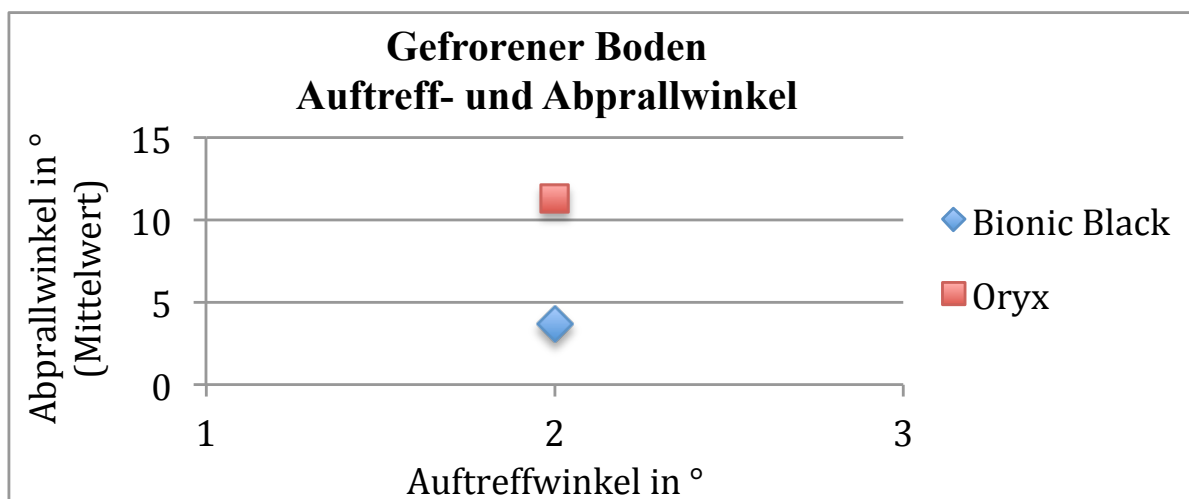


Abb. 68

*Gefrorener Boden - Auftreff- und Abprallwinkel (Mittelwert)*

### **3.2.1.3.2      Grenzwinkel**

#### **Generelles**

Um die für den jeweiligen Grenzwinkel errechnete, zu einem Steckschuß führende theoretische Höhe einer Jagdeinrichtung besser einordnen zu können, ist es naheliegend, hierfür einen Referenzwert zu definieren. Dieser soll eine praxisnahe maximale, im durchschnittlichen Jagdrevier zu erwartende Höhe einer solchen typischen Jagdeinrichtung widerspiegeln. In dieser Arbeit wird davon ausgegangen, daß diese eine maximale Höhe von 5 m aufweist, wobei für durchschnittliche Höhen einer solchen Einrichtung meist 2,5 m bis 3 m anzunehmen sind (siehe auch 2.2.3 Ansitzeinrichtungen).

Daher werden Höhen, die im Rahmen der durchgeführten Schußversuche für das Erreichen des Grenzwinkels nötig wären, 5 m aber übersteigen, im Folgenden als unrealistisch bezeichnet.

Die Berechnung der jeweils notwendige Höhe einer Jagdeinrichtung erfolgt anhand der Tangens-Winkelfunktion [62] (siehe Abb. 42).

#### **RWS Bionic Black**

#### **Vergleich von ungefrorenem und gefrorenem Boden, Schußentfernung 100 m**

Bei ungefrorenem Boden wies das Geschosß einen Grenzwinkel von 6° auf. Eine Jagdeinrichtung, mit der dieser Winkel auf eine Entfernung von 100 m erreicht werden könnte, müßte 10,5 m betragen. Erst ab dieser



Mindesthöhe wäre also damit zu rechnen, daß das Geschloß nicht mehr vom Ackerboden abprallt.

Bei gefrorenem Boden hingegen wies das Geschloß einen Grenzwinkel von  $15^\circ$  auf. Eine Jagdeinrichtung, mit der dieser Winkel auf eine Entfernung von 100 m erreicht werden könnte, müßte in diesem Falle 26,8 m betragen. Erst ab dieser Mindesthöhe wäre also damit zu rechnen, daß das Geschloß nicht mehr vom Ackerboden abprallt.

Es ist also festzustellen, daß ein Gefrieren des Bodens im Falle dieses bleifreien Geschosses eine Erhöhung des Grenzwinkels zur Folge hatte und zwar um das 2,5-fache.

Die entsprechenden Jagdeinrichtungshöhen, die zum Erreichen des jeweiligen Grenzwinkels auf eine Entfernung von 100 m nötig wären (10,5 m für das Erreichen des Grenzwinkelbereichs bei ungefrorenem Boden und 26,5 m bei gefrorenem Boden) sind vollkommen unrealistisch.

### **Norma Oryx**

#### **Vergleich von ungefrorenem und gefrorenem Boden,**

#### **Schußentfernung 100 m**

Beim ungefrorenen Boden besaß das Geschloß einen Grenzwinkel von  $3,5^\circ$ . Eine Jagdeinrichtung, mit der dieser Winkel auf eine Entfernung von 100 m erreicht werden könnte, müßte 6,1 m hoch sein. Erst ab dieser Mindesthöhe wäre mit ersten Steckschüssen zu rechnen.

Der gefrorene Boden besaß hingegen einen Grenzwinkel von  $5^\circ$ . Eine Jagdeinrichtung, mit der dieser Winkel auf eine Entfernung von 100 m erreicht werden könnte, müßte in diesem Falle 8,7 m hoch sein. Erst ab dieser Mindesthöhe wäre mit ersten Steckschüssen zu rechnen.

Es ist demnach festzustellen, daß ein Gefrieren des Bodens im Falle dieses bleihaltigen Geschosses eine Erhöhung des Grenzwinkels zur Folge hatte, und zwar um das 1,4-fache.

Eine ausreichende Jagdeinrichtungshöhe von 6,1 m für das Erreichen des Grenzwinkelbereichs bei ungefrorenem Boden sowie von 8,7 m bei gefrorenem Boden erscheinen als ebenso unrealistisch.

### **Ungefrorener Boden**

#### **Vergleich von bleihaltigem und bleifreiem Geschöß, Schußentfernung 100 m**

Das bleihaltige Geschöß Oryx besaß einen Grenzwinkel von  $3,5^\circ$ . Eine Jagdeinrichtung, mit der dieser Winkel auf eine Entfernung von 100 m erreicht werden könnte, müßte 6,1 m hoch sein. Erst ab dieser Mindesthöhe wäre also damit zu rechnen, daß das Geschöß anfängt, nicht mehr vom Ackerboden abzapallen.

Das bleifreie Geschöß Bionic Black besaß hingegen einen Grenzwinkel von  $6^\circ$ . Eine Jagdeinrichtung, mit der dieser Winkel auf eine Entfernung von 100 m erreicht werden könnte, müßte 10,5 m hoch sein. Erst ab dieser Mindesthöhe wäre damit zu rechnen, daß das Geschöß anfängt, nicht mehr vom Ackerboden abzapallen.

Es ist also festzustellen, daß das bleifreie Geschoß Bionic Black einen 1,7-fach höheren Grenzwinkel besaß als das bleihaltige Geschoß Oryx.

Eine ausreichende Jagdeinrichtungshöhe von 6,1 m für das bleihaltige Geschoß bzw. von 10,5 m für das bleifreie Geschoß erscheint jeweils unrealistisch.

### **Gefrorener Boden**

#### **Vergleich von bleifreiem und bleihaltigem Geschoß,**

#### **Schußentfernung 100 m**

Das bleihaltige Geschoß besaß einen Grenzwinkel von  $5^\circ$ . Eine Jagdeinrichtung, mit der dieser Winkel auf eine Entfernung von 100 m erreicht werden könnte, müßte 8,7 m hoch sein. Erst ab dieser Mindesthöhe wäre mit ersten Steckschüssen zu rechnen.

Das bleifreie Geschoß besaß hingegen einen Grenzwinkel von  $15^\circ$ . Eine Jagdeinrichtung, mit der dieser Winkel auf eine Entfernung von 100 m erreicht werden könnte, müßte 26,8 m hoch sein. Erst ab dieser Mindesthöhe wäre mit ersten Steckschüssen zu rechnen.

Es ist demnach festzustellen, daß das bleifreie Geschoß einen 3-fach höheren Grenzwinkel besaß.

Eine ausreichende Jagdeinrichtungshöhe von 8,7 m für das bleihaltige Geschoß bzw. von 26,8 m für das bleifreie Geschoß erscheint jeweils unrealistisch.

### Angenommene Schußentfernung von 50 m

Folgende Übersicht soll einen Überblick über die für Steckschüsse theoretisch notwendigen Jagdeinrichtungshöhen bei einer Schußentfernung von 50 m geben bzw. einen Vergleich zu einer Schußentfernung von 100 m darstellen. Ab diesen Mindesthöhen von Jagdeinrichtungen wäre nicht mehr mit einem Abprallen der Geschosse zu rechnen. Um eine präzisere Aussage zu den bei dieser Schußentfernung vorliegenden Grenzwinkeln zu treffen, müsste korrekterweise allerdings auch hier die Geschößlaborierung an die entsprechende  $V_{50}$  angepasst werden, so daß diese Werte lediglich eine grobe Orientierung darstellen.

Geschöß	Für Steckschüsse notwendige Jagdeinrichtungshöhe bei einer Schußentfernung von	
	50 m	100 m
RWS Bionic Black, ungefrorener Boden	5,3 m	10,5 m
RWS Bionic Black, gefrorener Boden	13,4 m	26,8 m
Norma Oryx, ungefrorener Boden	3,1 m	6,1 m
Norma Oryx, gefrorener Boden	4,4 m	8,7 m

Selbst bei einer angenommenen Schußentfernung von 50 m müsste eine Jagdeinrichtung bei Schüssen mit dem Geschöß Bionic Black noch mindestens etwa 5,3 m hoch sein (ungefrorener Boden) - was im Vergleich zu den Werten bei einer Schußentfernung von 100 m jedoch schon deutlich realistischer erscheint. Bei gefrorenem Boden müsste die notwendige Höhe hingegen immer noch etwa unrealistische 13,4 m betragen.

Im Falles des Geschosses Oryx wären hingegen nur noch mindestens etwa 3,1 m (ungefrorener Boden) bzw. 4,1 m Höhe (gefrorener Boden) nötig, was in der Praxis als durchaus realistisch zu bezeichnen wäre.

### **3.2.1.3.3          Restmasse, Geschößdeformation und Restenergie**

#### **RWS Bionic Black**

#### **Vergleich von ungefrorenem und gefrorenem Boden,**

#### **Schußentfernung 100 m**

#### **Generelles**

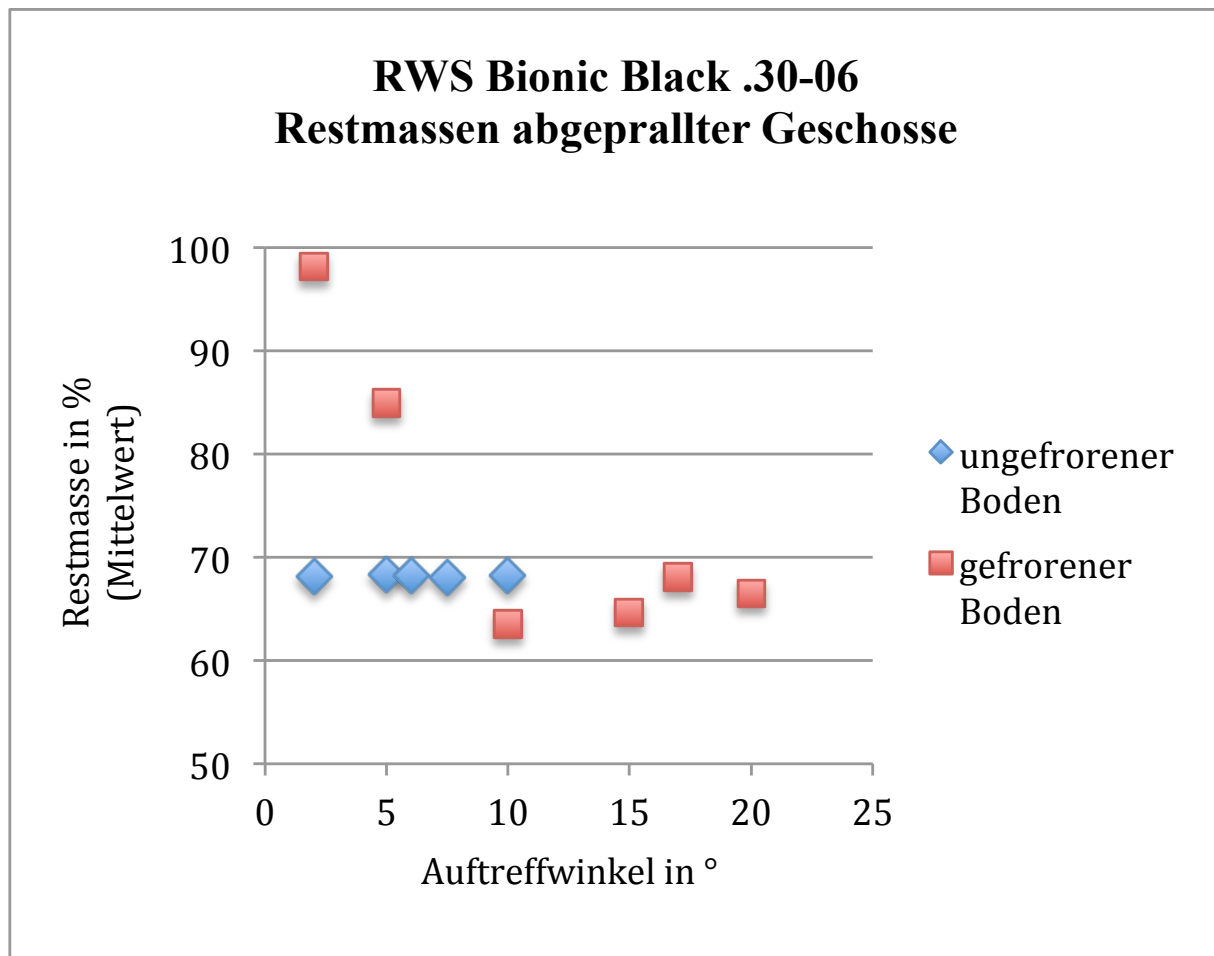
Besonders auffällig und mit Messungen der Restmasse korrelierend war, daß sich die Bionic Black Geschosse nach Abprallen von ungefrorenem Boden schneller zerlegten als bei Abprallen von gefrorenem Boden. So waren im Falle des gefrorenen Bodens bei einem Auftreffwinkel von 2° die Spitzen aller abgeprallten Geschosse noch mehr oder weniger intakt, bei 5° waren dies noch 2 von 3. Bei Abprallen vom ungefrorenen Boden brachen sämtliche Geschosse schon ab 2° auseinander.

## Restmasse

Die Restmassen der von gefrorenem Boden abgeprallten Bionic Black Geschosse unterschieden sich insbesondere bei flachen Auftreffwinkeln von  $2^\circ$  und  $5^\circ$  deutlich von denjenigen, die von ungefrorenem Boden abprallten. Einhergehend mit einer im Vergleich zum ungefrorenen Boden erst bei größeren Auftreffwinkeln (ab  $10^\circ$ ) auftretenden regelmäßigen Zerlegung waren die Restmassen der vom gefrorenen Boden abgeprallten Geschosse im Bereich flacher Winkel höher. Das Geschöß deformierte bzw. brach in diesem Falle also im Bereich größerer Auftreffwinkel auseinander und behielt die annähernd dem ursprünglichen Zustand entsprechende Form länger bei.

Der ungefrorene Boden schien in diesem Falle also in Bezug auf Restmasse und Deformation einen größeren Einfluß auf das Geschöß zu haben als der gefrorene.

Die abgeprallten Geschosse besaßen in Bezug auf die Restmasse nach Abprallen von beiden Bodenarten folgende Gemeinsamkeit: ab Erreichen eines gewissen Auftreffwinkels  $2^\circ$  (ungefroren) bzw.  $10^\circ$  (gefroren) änderte sich die Restmasse bei zunehmendem Auftreffwinkel kaum noch. Die Geschosse hatten fortan relativ ähnliche Restmassewerte (siehe Abb. 69).

**Abb. 69***RWS Bionic Black .30-06**Restmassen abgeprallter Geschosse (Mittelwert)***Seifenbeschuß bei flachem Auftreffwinkel (je 5°)****Eindringtiefe**

Die Längen der jeweiligen durch die abgeprallten Geschosse hervorgerufenen Schußkanäle in ballistischer Glycerinseife unterschieden sich nicht voneinander. Sowohl nach Abprallen von ungefrorenem als auch

von gefrorenem Boden durchdrang das Geschöß Bionic Black den Seifenblock komplett und verließ diesen anschließend wieder.

### **Restenergie**

Die Restenergien der bei einem flachen Auftreffwinkel von  $5^\circ$  abgeprallten Geschosse unterschieden sich bei Beschuß von ungefrorenem Boden und gefrorenem Boden ebenfalls nicht voneinander.

Sowohl durch Abprallen von ungefrorenem (Restenergie 1406,9 J, 48,85% der  $E_{100}$ ) als auch von gefrorenem Boden (Restenergie 1426,6 J, 49,54% der  $E_{100}$ ) verlor das Geschöß jeweils ca. 50 % seiner ursprünglich vorhandenen Energie  $E_{100}$  von 2880 J (siehe Abb. 70).

### **Seifenbeschuß im Grenzwinkelbereich**

**(ungefroren  $6^\circ$  und gefroren  $15^\circ$ )**

#### **Eindringtiefe**

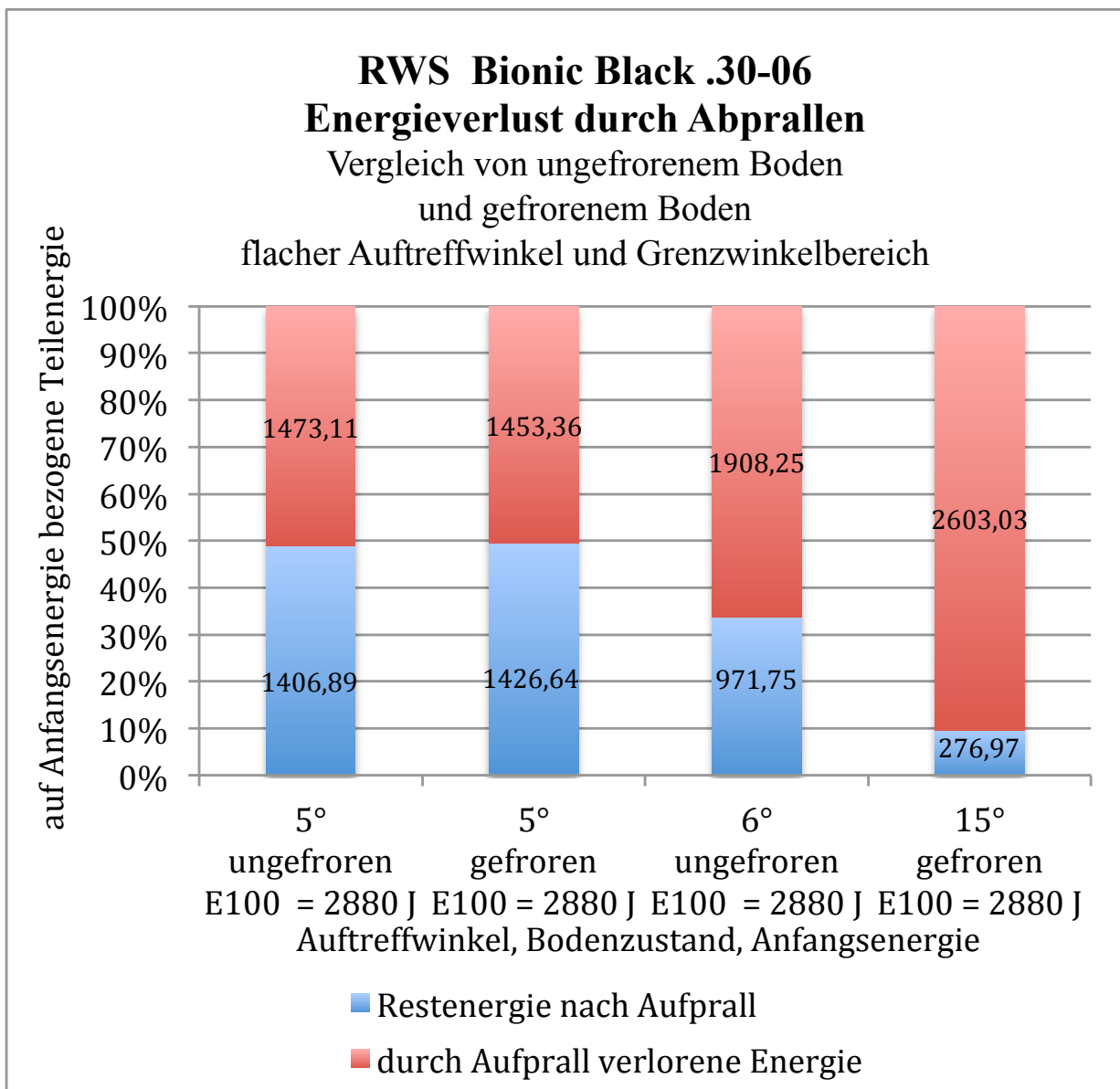
Die jeweiligen Längen der durch die abgeprallten Geschosse hervorgerufenen Schußkanäle unterschieden sich bei Beschuß des ungefrorenen Bodens (Länge des Kanals 31 cm, Auftreffwinkel  $6^\circ$ ) und des gefrorenen Bodens (Länge des Kanals 27 cm, Auftreffwinkel  $15^\circ$ ) um 4 cm.



## Restenergie

Ein Gefrieren des Bodens bewirkte, wie unter 3.4.1.1.1 beschrieben, eine deutliche Erhöhung des Grenzwinkels, und zwar um das 2,5-fache. Auch in Bezug auf die Restenergie abgeprallter Geschosse ergab sich eine deutliche Änderung.

Während bei ungefrorenem Boden der Grenzwinkel bei  $6^\circ$  lag und die Restenergie des mit diesem Auftreffwinkel abgeprallten Geschosses 971,75 J betrug (33,74 % der ursprünglichen  $E_{100}$  von 2880 J), lag der Grenzwinkel bei gefrorenem Boden bei  $15^\circ$ . Die Restenergie des abgeprallten Geschosses lag hier nur noch bei 276,97 J (9,62 % der  $E_{100}$ ). Die Restenergie verringerte sich somit um 71,5 % (siehe Abb. 70).

**Abb. 70**

*RWS Bionic Black .30-06*  
*Energieverlust durch Abprallen*

## **Norma Oryx**

### **Vergleich von ungefrorenem und gefrorenem Boden, Schußentfernung 100 m**

#### **Generelles**

Sowohl bei Beschuß von ungefrorenem Boden als auch von gefrorenem Boden deformierte ein Teil der abgeprallten Oryx Geschosse im Falle eines flachen Auftreffwinkels von  $2^\circ$  nicht. Es kam zu keiner Aufpilzung. Generell erschienen die von ungefrorenem Boden abgeprallten Geschosse eine größere Deformation erfahren zu haben, da sie im Vergleich zu den von gefrorenem Boden abgeprallten Geschossen weiter aufgepilzt zu sein schienen (ausgefranstere Erscheinung).

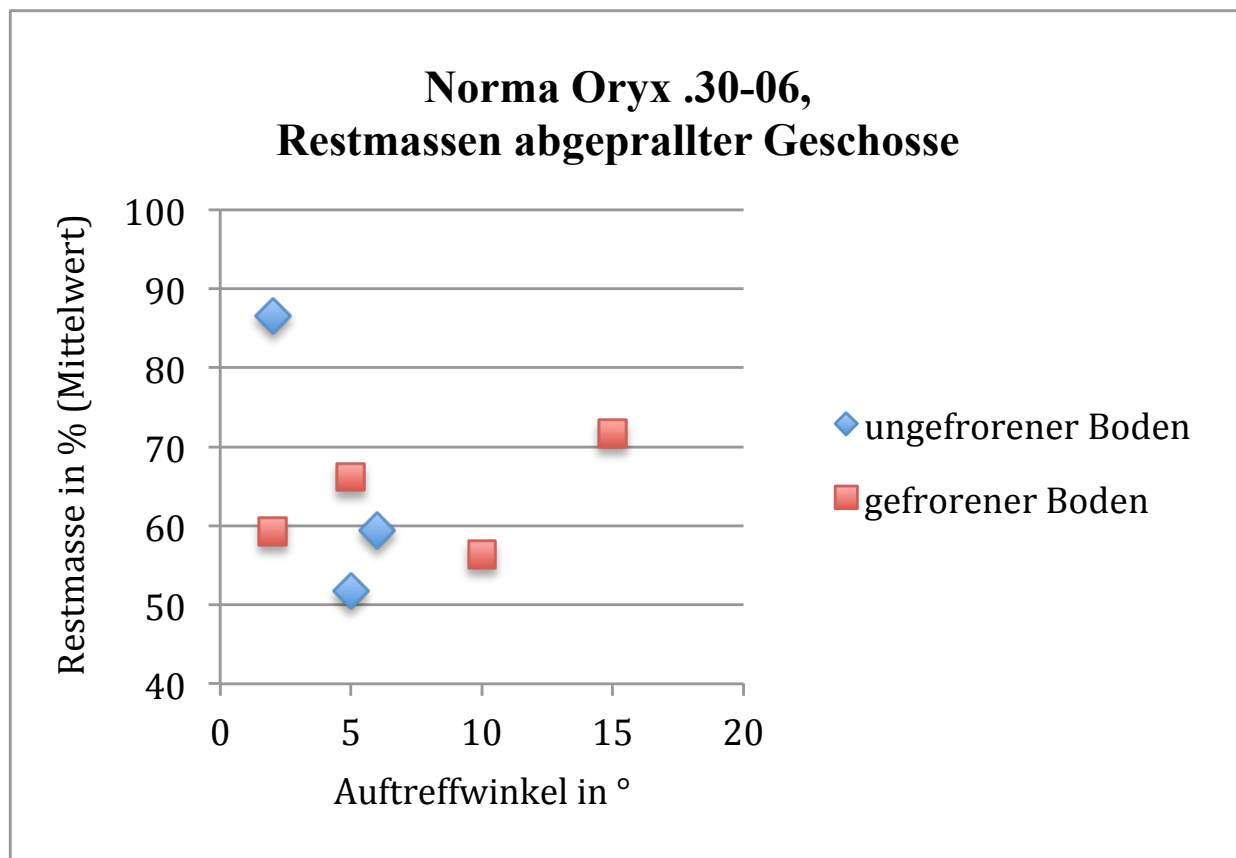
#### **Restmasse**

Im Falle des flachen Auftreffwinkels von  $2^\circ$  waren die Restmassen der von gefrorenem Boden abgeprallten Oryx Geschosse kleiner als die der von ungefrorenem Boden abgeprallten Geschosse. Bei einem Auftreffwinkel von  $5^\circ$  zeigte sich ein völlig anderes Bild: die Restmassen der von ungefrorenem Boden abgeprallten Geschosse wiesen eine geringere Restmasse auf.

D.h., daß der ungefrorene Boden - abgesehen von äußerst flachen Auftreffwinkeln, bei denen in 1 von 3 (gefrorener Boden) bzw. 2 von 3 Fällen (ungefrorener Boden) das Geschöß überhaupt gar nicht erst

deformiert wurden - eine größere Wirkung in Bezug auf Deformation und Restmasse auf das Geschöß auszuüben schien als der gefrorene Boden.

Weiterhin ließ sich feststellen, daß die Größen der Restmassen der abgeprallten Geschosse in allen Auftreffwinkelbereichen stark variierten und sich kein einheitlicher Richtwert für die Restmasse einstellte (siehe Abb. 71).



**Abb. 71**

*Norma Oryx .30-06*

*Restmassen abgeprallter Geschosse (Mittelwert)*

## **Seifenbeschuß bei flachem Auftreffwinkel (je 2°)**

### **Eindringtiefe**

Die jeweiligen Längen der durch die abgeprallten Geschosse hervorgerufenen Schußkanäle unterschieden sich bei Beschuß des ungefrorenen Bodens (Länge des Kanals 25 cm) und des gefrorenen Bodens (Länge des Kanals 21 cm) um 4 cm.

### **Restenergie**

Ein Gefrieren des Bodens bewirkte einen deutlichen Abfall der Restenergie des bei einem flachen Auftreffwinkel von 5° abgeprallten Geschosses.

Während diese bei Beschuß des ungefrorenen Bodens 2453,15 J betrug (80,48 % der ursprünglichen  $E_{100}$  von 3048 J), lag sie bei Beschuß des gefrorenen Bodens nur noch bei 1727,86 J (56,69 % der  $E_{100}$ ). Die Restenergie verringerte sich somit um 29,57 % (siehe Abb. 72).

## **Seifenbeschuß im Grenzwinkelbereich**

### **(ungefroren 3,5° und gefroren 5°)**

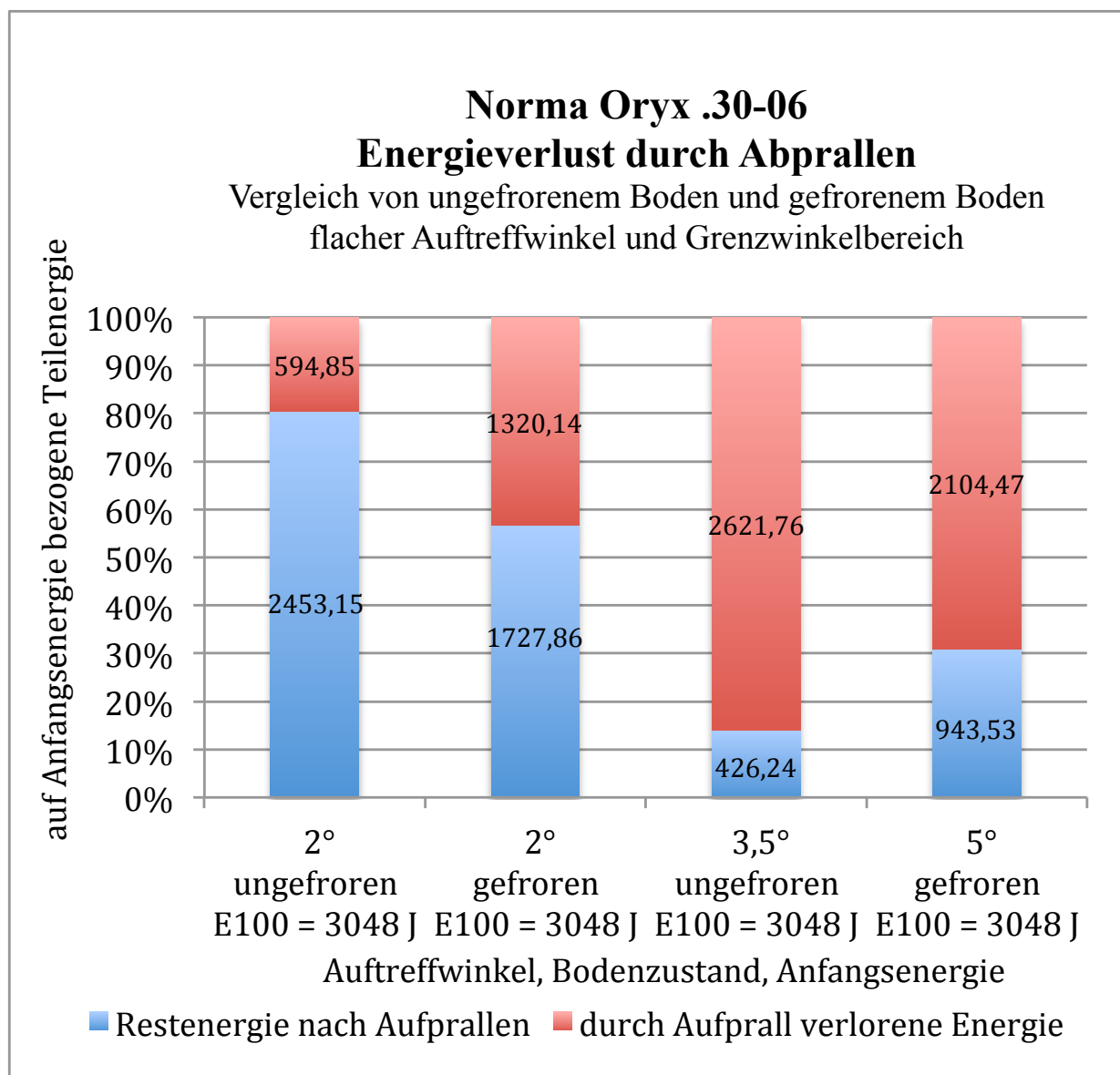
Ein Gefrieren des Bodens bewirkte, wie unter 3.4.1.1.2 beschrieben, eine deutliche Erhöhung des Grenzwinkels, und zwar um 42 %. Auch in Bezug auf Eindringtiefe und Restenergie der abgeprallten Geschosse ergab sich eine deutliche Änderung.

### **Eindringtiefe**

Die jeweiligen Längen der durch die abgeprallten Geschosse hervorgerufenen Schußkanäle unterschieden sich bei Beschuß des ungefrorenen Bodens (Länge des Kanals 9 cm) und des gefrorenen Bodens (Länge des Kanals 15 cm) um 6 cm.

### **Restenergie**

Während bei ungefrorenem Boden der Grenzwinkel bei  $3,5^\circ$  lag und die Restenergie des mit diesem Auftreffwinkel abgeprallten Geschosses 426,24 J betrug (13,98 % der ursprünglichen  $E_{100}$  von 3048 J), lag der Grenzwinkel bei gefrorenem Boden bei  $5^\circ$ . Die Restenergie des abgeprallten Geschosses lag hier hingegen bei 943,53 J (30,96 % der  $E_{100}$ ). Die Restenergie erhöhte sich somit um 21,36 % (siehe Abb. 72).

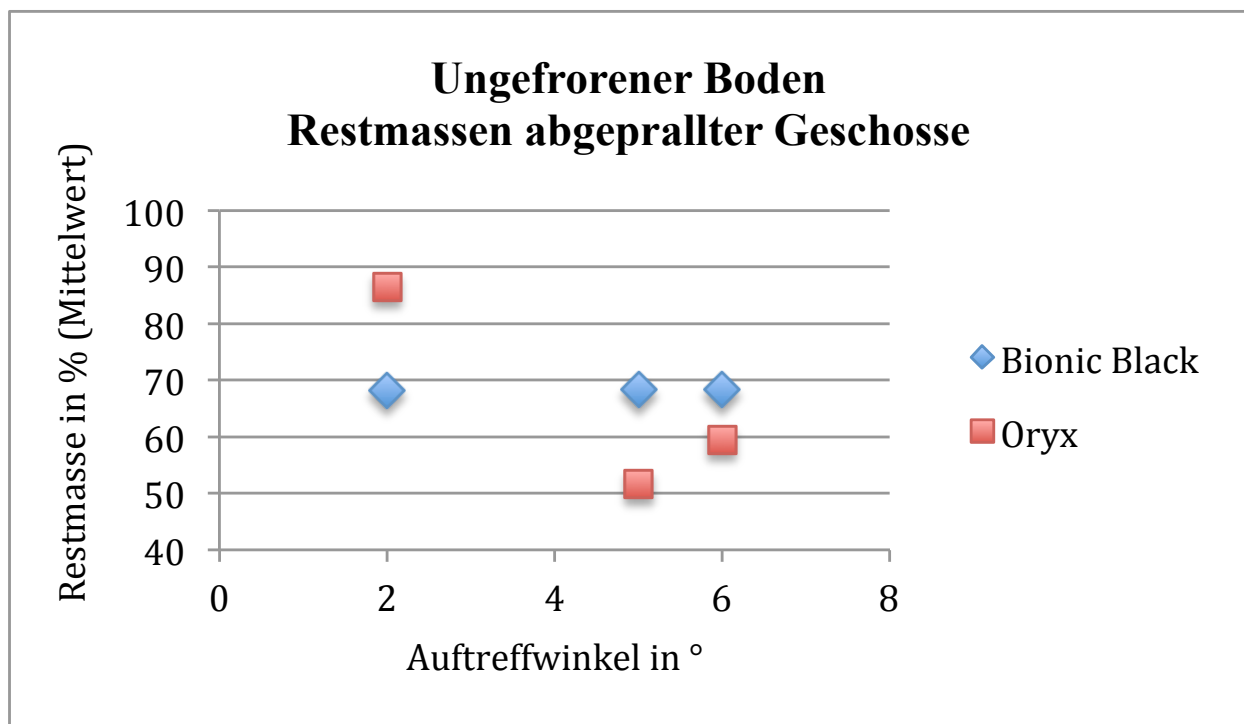
**Abb. 72***Norma Oryx .30-06**Energieverlust durch Abprallen*

## Ungefrorener Boden

### Vergleich des bleifreien Geschosses Bionic Black und des bleihaltigen Geschosses Oryx, Schußentfernung 100 m

#### Restmasse

Außer im Bereich eines sehr flachen Auftreffwinkels von  $2^\circ$ , bei dem das Oryx Geschöß teilweise gar nicht erst im eigentlichen Sinne deformierte, besaß das bleifreie Bionic Black Geschöß prozentual gesehen eine höhere Restmasse als das bleihaltige Oryx (siehe Abb. 73).



**Abb. 73**

*Ungefrorener Boden*

*Restmassen abgeprallter Geschosse (Mittelwert)*



## **Seifenbeschuß bei flachem Auftreffwinkel**

### **(Bionic Black 5° und Oryx 2°)**

Der durchgeführte Vergleich der Restenergien des bei einem flachen Auftreffwinkel abgeprallten bleihaltigen und des bleifreien Geschosses fand aufgrund der Ungleichheit der Auftreffwinkel unter nicht vergleichbaren Bedingungen statt. Ein direkter Vergleich war somit nicht möglich. Beim Oryx Geschöß war ein Seifenbeschuß bei einem Auftreffwinkel von 5° nicht möglich, da teilweise bereits Steckschüsse auftraten.

## **Eindringtiefe**

Die jeweiligen Längen der Schußkanäle, die durch die vom ungefrorenen Boden abgeprallten Geschosse in ballistischer Glycerinseife entstanden waren, unterschieden sich um 15 cm. Das bleifreie Geschöß Bionic Black hinterließ bei einem Auftreffwinkel von 5° einen 40 cm langen Schußkanal im Seifenblock und verließ diesen anschließend wieder, wohingegen das Geschöß Oryx bei einem Auftreffwinkel von 2° am Ende des 25 cm langen Schußkanals stecken blieb.

## **Restenergie**

Während die Restenergie des mit einem Auftreffwinkel von 5° abgeprallten Geschosses Bionic Black 1406,89 J betrug (48,85 % der ursprünglichen  $E_{100}$  von 2880 J), lag dieser Wert im Falle des mit 2° aufgeschlagenen

Geschosses Oryx bei 2453,15J (80,48 % der ursprünglichen  $E_{100}$  von 3048 J, siehe Abb. 74).

### **Seifenbeschuß im Grenzwinkelbereich (Bionic Black 6° und Oryx 3,5°)**

Die Grenzwinkel von Bionic Black (6°) und Oryx (3,5°) unterschieden sich im Falle des ungefrorenen Bodens, wie unter 3.4.1.1.3 beschrieben, deutlich voneinander. Auch in Bezug auf Eindringtiefe und Restenergie der abgeprallten Geschosse zeigte sich ein deutlicher Unterschied.

#### **Eindringtiefe**

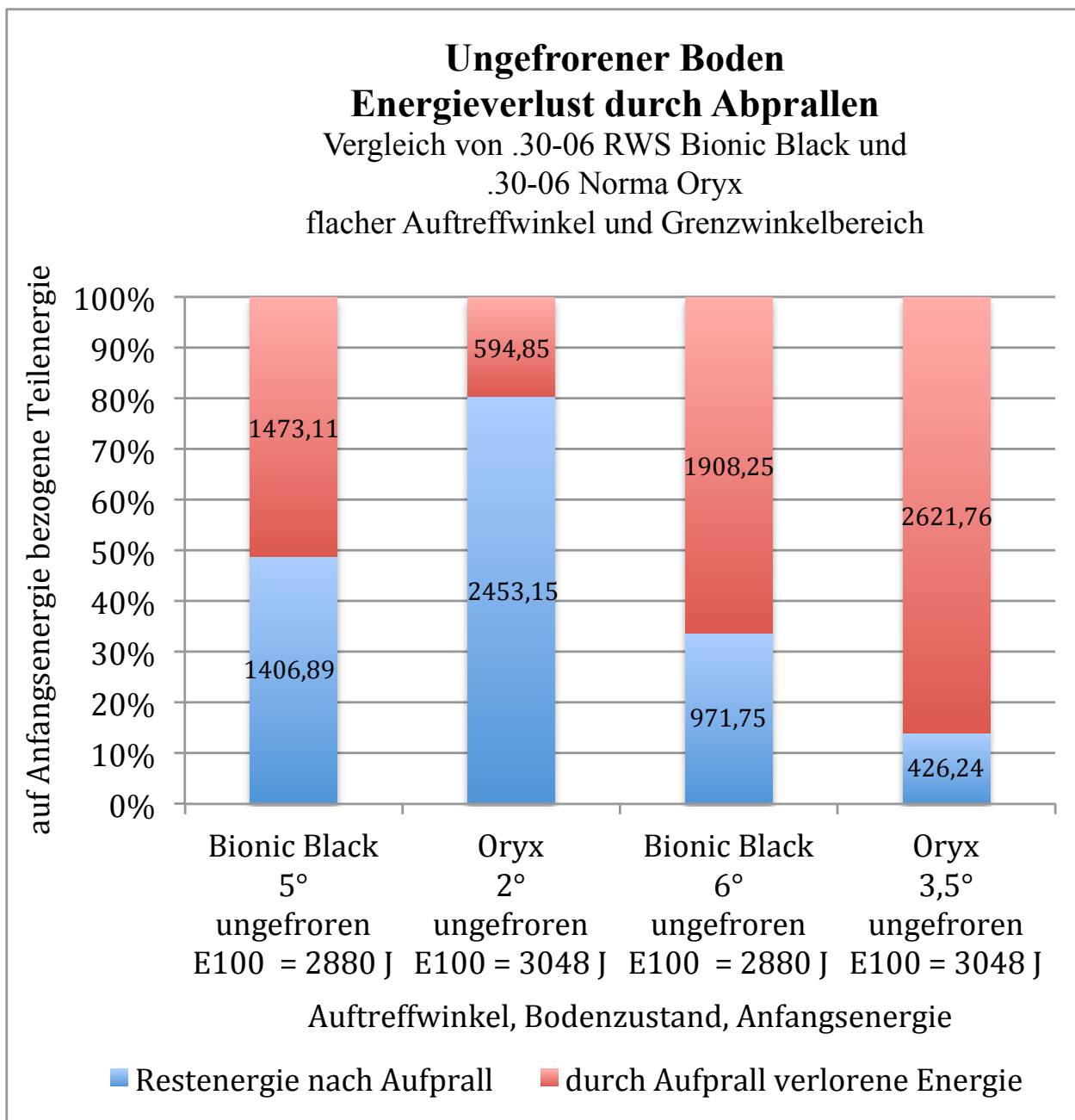
Die jeweiligen Längen der Schußkanäle in der Glycerinseife unterschieden sich auch bei Beschuß im Grenzwinkelbereich, und zwar um 22 cm.

Das bleifreie Geschöß Bionic Black hinterließ bei einem Auftreffwinkel von 6° einen 31 cm langen Schußkanal im Seifenblock, wohingegen das Geschöß Oryx bei einem Auftreffwinkel von 3,5° am Ende des 9 cm langen Schußkanal steckenblieb.

#### **Restenergie**

Während die Restenergie des mit einem Auftreffwinkel von 6° abgeprallten Geschosses Bionic Black 971,75 J betrug (33,74 % der ursprünglichen  $E_{100}$  von 2880 J), lag dieser Wert im Falle des mit 3,5° aufgeschlagenen Geschosses Oryx bei 426,24 J (13,98 % der ursprünglichen  $E_{100}$  von 3048 J, siehe Abb. 74).

Es konnte also festgestellt werden, daß das bleifreie Geschöß im Falle eines Abprallens von ungefrorenem Boden im Grenzwinkelbereich eine prozentual gesehen höhere Restenergie als das bleihaltige Geschöß besaß.



**Abb. 74**

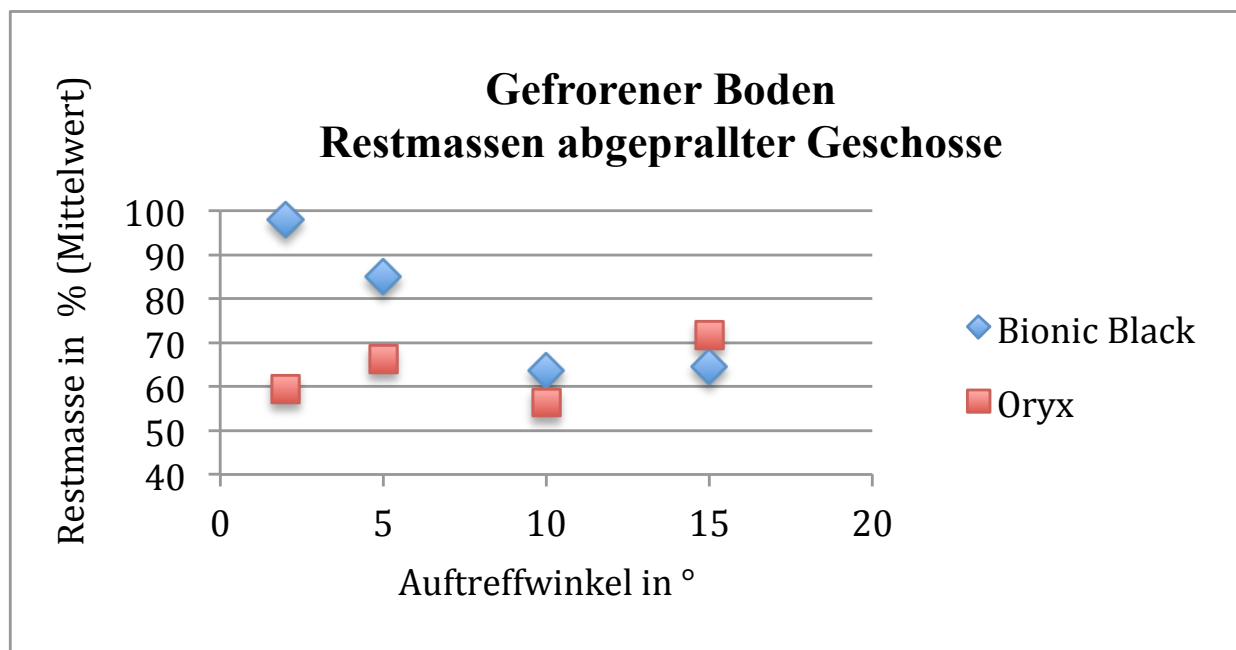
*Ungefrorener Boden - Energieverlust durch Abprallen*

## Gefrorener Boden

### Vergleich von bleifreiem und bleihaltigem Geschöß, Schußentfernung 100 m

#### Restmasse

Außer im Bereich des größeren Auftreffwinkels von 15° besaß das bleifreie Geschöß Bionic Black durchschnittlich mehr Restmasse als das bleihaltige Oryx.



**Abb. 75**

*Gefrorener Boden*

*Restmassen abgeprallter Geschosse (Mittelwert)*

## **Seifenbeschuß bei flachem Auftreffwinkel**

### **(Bionic Black 5° und Oryx 2°)**

Der durchgeführte Vergleich der Restenergien des bei einem flachen Auftreffwinkel abgeprallten bleihaltigen und bleifreien Geschosses fand aufgrund der Ungleichheit der Auftreffwinkel unter ungleichen Bedingungen statt. Ein direkter Vergleich war somit nicht möglich.

### **Eindringtiefe**

Die jeweiligen Längen der Schußkanäle, die durch die vom gefrorenen Boden abgeprallten Geschosse in ballistischer Glycerinseife entstanden waren, unterschieden sich um 19 cm. Das bleifreie Geschöß Bionic Black hinterließ bei einem Auftreffwinkel von 5° einen 40 cm langen Schußkanal im Seifenblock und verließ diesen anschließend wieder, wohingegen das Geschöß Oryx bei einem Auftreffwinkel von 2° am Ende des 21 cm langen Schußkanals stecken blieb.

### **Restenergie**

Während die Restenergie des mit einem Auftreffwinkel von 5° abgeprallten Geschosses Bionic Black 1426,64 J betrug (49,54 % der ursprünglichen  $E_{100}$  von 2880 J), lag dieser Wert im Falle des mit 2° aufgeschlagenen Geschosses Oryx bei 1727,86 J (56,69 % der ursprünglichen  $E_{100}$  von 3048 J, siehe Abb. 76).

### **Seifenbeschuß im Grenzwinkelbereich (Bionic Black 15° und Oryx 5°)**

Die Grenzwinkel von Bionic Black (15°) und Oryx (5°) unterschieden sich im Falle des gefrorenen Bodens, wie unter 3.4.1.1.3 beschrieben, deutlich voneinander. Auch in Bezug auf Eindringtiefe und Restenergie der abgeprallten Geschosse zeigte sich ein deutlicher Unterschied.

#### **Eindringtiefe**

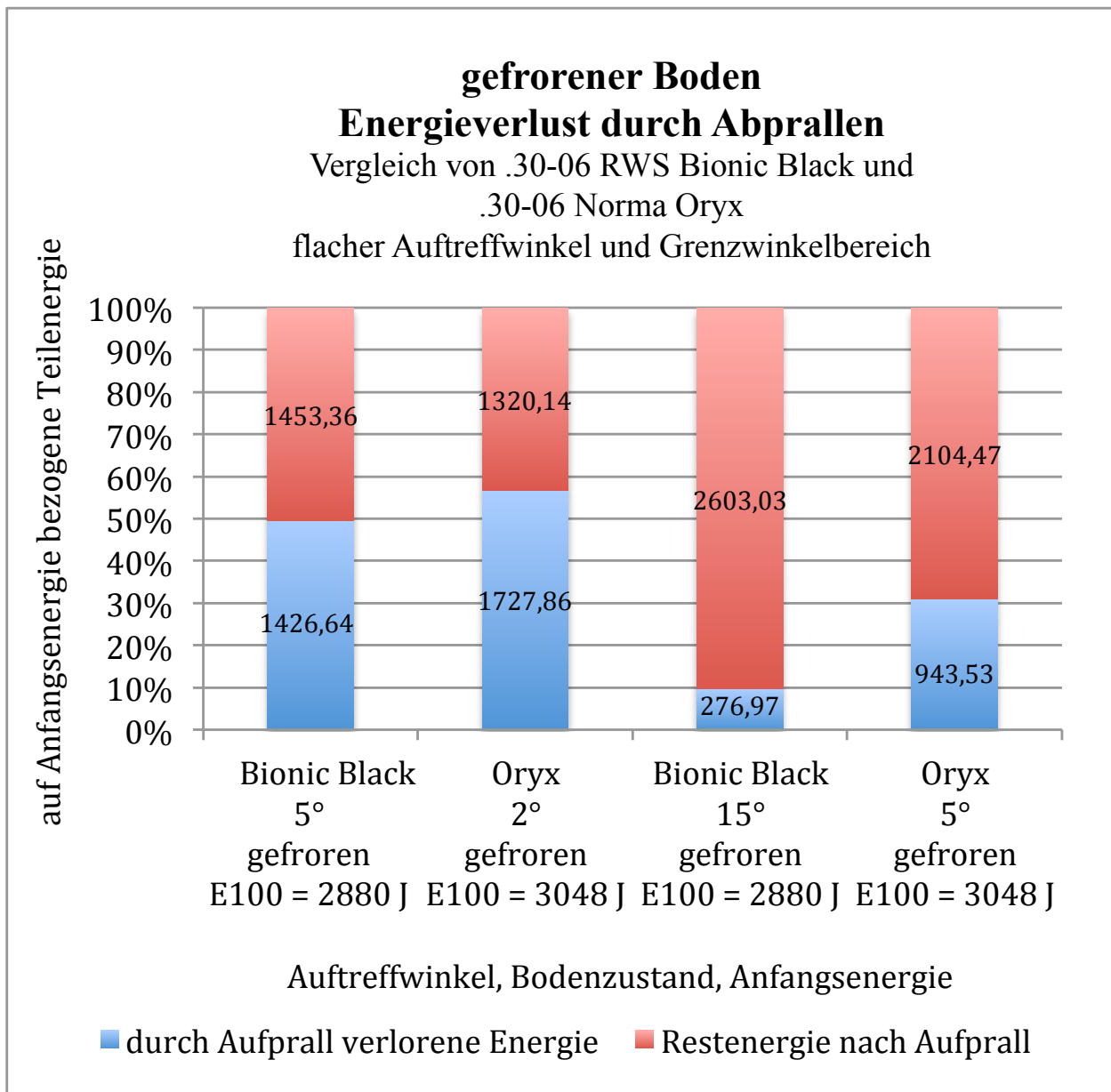
Die jeweiligen Längen der Schußkanäle in der Glycerinseife unterschieden sich auch bei Beschuß im Grenzwinkelbereich, und zwar um 12 cm.

Das bleifreie Geschöß Bionic Black hinterließ bei einem Auftreffwinkel von 15° einen 27 cm langen Schußkanal im Seifenblock und verließ diesen anschließend wieder, wohingegen das Geschöß Oryx bei einem Auftreffwinkel von 5° am Ende des 15 cm langen Schußkanal stecken blieb.

#### **Restenergie**

Während die Restenergie des mit einem Auftreffwinkel von 15° abgeprallten Geschosses Bionic Black 276,97 J betrug (9,62 % der ursprünglichen  $E_{100}$  von 2880 J), lag dieser Wert im Falle des mit 5° aufgeschlagenen Geschosses Oryx bei 943,53 J (30,96 % der ursprünglichen  $E_{100}$  von 3048 J, siehe Abb. 76).

Es konnte also festgestellt werden, daß das bleifreie Geschöß im Falle eines Abprallens von ungefrorenem Boden im Grenzwinkelbereich eine prozentual gesehen niedrigere Restenergie als das bleihaltige Geschöß besaß.



**Abb. 76**

*Ungefrorener Boden - Energieverlust durch Abprallen*

### **3.2.2 Untersuchungen Flintenlaufgeschöß**

#### **Brenneke Original cal. 12**

##### **3.2.2.1 Abprallwinkel / Grenzwinkel / Restmasse / Geschößdeformation**

#### **Ergebnisse ungefrorener Boden (siehe Tab. 5 und Abb. 77)**

Es zeigte sich, daß das Geschöß bei Auftreffwinkeln bis einschließlich  $15^\circ$  regelmäßig vom Ackerboden abprallte.

Beim Auftreffwinkel von  $15^\circ$  lagen die Abprallwinkel zwischen  $7,2^\circ$  und  $9,3^\circ$ . Auf der Anschußtafel ließen sich keine Hinweise für eine Splitterbildung des Geschosses feststellen. Es kam lediglich zu einer mehr oder weniger ausgeprägten Deformation.

Bei einem Auftreffwinkel von  $20^\circ$  kam es regelmäßig dazu, daß die Geschosse zwar abprallten, jedoch bestand augenscheinlich kein Kontakt mehr mit der Anschußtafel. Die Geschosse lagen in deformiertem Zustand auf dem Boden neben dem Prellmedium. Es mußte davon ausgegangen werden, daß die Geschosse bei diesem Auftreffwinkel weder in der typischen Weise mit in Richtung Anschußtafel gestreckter Flugbahn abprallten, noch zu Steckschüssen führten.

Bei einem Auftreffwinkel von  $25^\circ$  kam es regelmäßig zu Steckschüssen im Erdreich.

Bei allen Auftreffwinkeln deformierten die Geschosse gleichmäßig und ohne zu zerbrechen. Je höher der Auftreffwinkel hierbei war, desto stärker



war die Deformation. Die Art und Weise, wie das Geschöß deformierte, war jener vom Hersteller vorgegebenen Deformation im Wildkörper sehr ähnlich.

Der Grenzwinkel des Geschosses schien demnach bei einem Auftreffwinkel von ca.  $20^\circ$  zu liegen.

### **Ergebnisse gefrorener Boden** (siehe Tab. 5 und Abb. 78)

Es zeigte sich, daß das Geschöß bei Auftreffwinkeln bis einschließlich  $20^\circ$  regelmäßig vom Ackerboden abprallte.

Bei einem Auftreffwinkel von  $20^\circ$  lagen die Abprallwinkel zwischen  $10,4^\circ$  und  $21,3^\circ$ . Auf der Anschußtafel ließen sich keine Hinweise für eine Splitterbildung des Geschosses feststellen. Es kam lediglich zu einer mehr oder weniger ausgeprägten Deformation.

Bei einem Auftreffwinkel von  $25^\circ$  kam es wie beim Beschuß der ungefrorenen Erde regelmäßig dazu, daß die Geschosse zwar abprallten, jedoch augenscheinlich keinen Kontakt mehr mit der Anschußtafel hatten. Die Geschosse lagen in deformiertem Zustand auf dem Boden neben dem Prellmedium. Es mußte ebenfalls davon ausgegangen werden, daß die Geschosse bei diesem Auftreffwinkel weder in typischer Weise abprallten und die Anschußtafel penetrierten noch zu Steckschüssen führten.

Bei einem Auftreffwinkel von  $30^\circ$  kam es bei einem von drei Schüssen zu einem Steckschuß. Die anderen beiden Geschosse lagen wie beim

Auftreffwinkel von  $25^\circ$  deformiert und augenscheinlich ohne die Anschußtafel penetriert zu haben auf dem Boden neben dem Prellmedium.

Bei einem Auftreffwinkel von  $35^\circ$  kam es regelmäßig zu Steckschüssen im Erreich.

Bei allen Auftreffwinkeln deformierten die Geschosse gleichmäßig und ohne zu zerbrechen. Je höher der Auftreffwinkel hierbei war, desto stärker war die Deformation. Die Art und Weise, wie das Geschöß deformierte, war jener vom Hersteller vorgegebenen Deformation im Wildkörper sehr ähnlich.

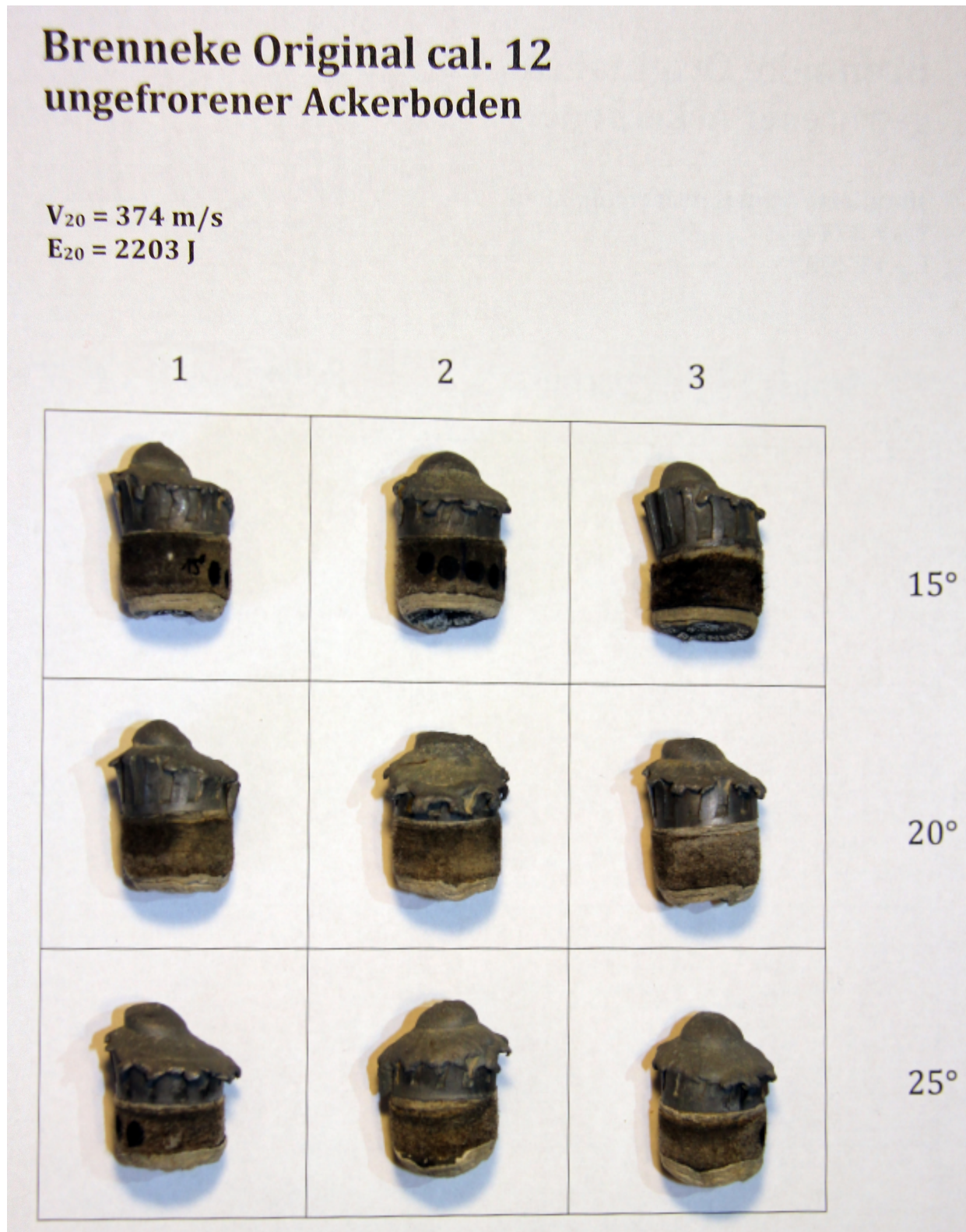
Der Grenzwinkel des Geschosses schien demnach bei einem Auftreffwinkel von ca.  $30^\circ$  zu liegen, wobei schon ab  $25^\circ$  das Geschöß durch den Bodenkontakt soweit abgebremst wurde, daß ein Abprallen im typischen Sinne nicht mehr vorlag (Energie unter 7 Joule).

<b>Brenneke</b> <b>Original</b> <b>cal. 12</b>						
V <sub>20</sub> lt. Herstellerangabe = 374 m / s, M = 31,5 g						
Auftreff- winkel	Abprall- winkel	Streuung (1m) in cm	laborierte V <sub>100</sub>	Restmasse in g	Restmasse in %	Sonstiges
<b>ungefroren</b>						
15	8,7	-	369,9	30,9	98,1	
	9,3	-	376,6	31,4	99,8	
	7,2	-	376,3	31,2	99,1	
20	-	-	381,4	31,0	98,4	Restenergie < 7 Joule
	-	-	381,5	30,9	98,1	
	-	-	378,5	31,3	99,2	
25	steckt	-	381,8	30,7	97,5	
	steckt	-	384,3	30,2	95,8	
	steckt	-	376,7	30,3	96,1	
<b>gefroren</b>						
20	16,1	-	373,3	28,8	91,3	
	21,3	-	380,7	27,7	88,0	
	10,4	-	380,7	28,2	89,5	
25	-	-	384,7	28,1	89,1	Restenergie < 7 Joule
	-	-	390,3	29,4	93,3	
	-	-	384,5	29,8	94,7	
30	-	-	386,0	28,8	91,5	Kein Folienkontakt
	-	-	379,3	30,6	97,2	
	steckt	-	378,0	28,5	90,4	
35	steckt	-	352,8	29,6	94,1	
	steckt	-	370,8	28,2	89,4	
	steckt	-	354,0	28,1	89,1	

**Tab. 5**

*Übersicht: abgegebene Schüsse*

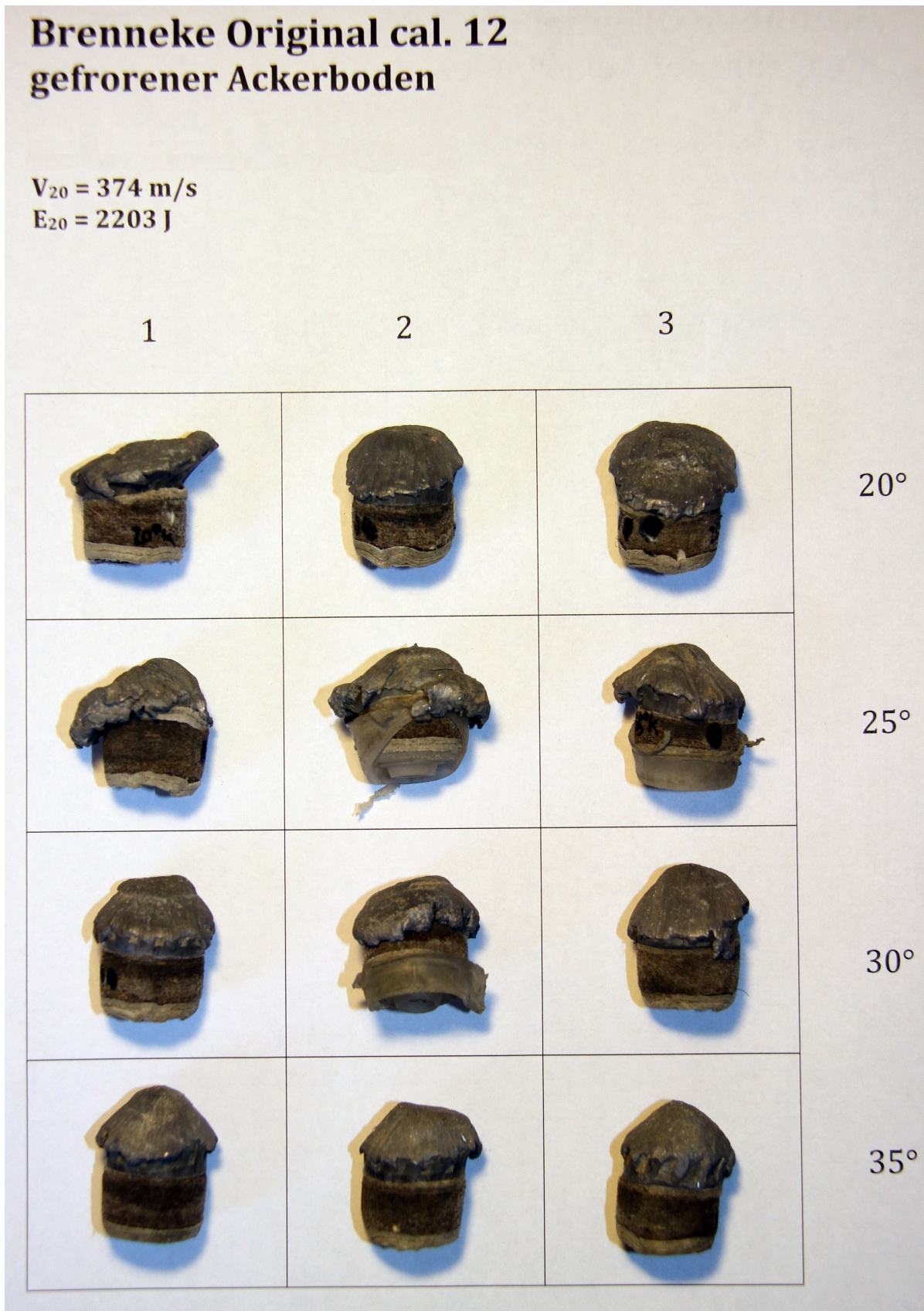
*Bereich des Grenzwinkels rot hinterlegt. Das Gefrieren des Bodens hat den Grenzwinkel von 20° nach etwa 30° verschoben.*



**Abb. 77**

*Übersicht: Geschößzustand nach Abprallen 1*



**Abb. 78**

*Übersicht: Geschößzustand nach Abprallen 2*

### **3.2.2 Untersuchungen Flintenlaufgeschöß**

#### **Brenneke Original cal. 12**

##### **3.2.2.2 Seifenbeschuß**

#### **Ungefrorener Boden**

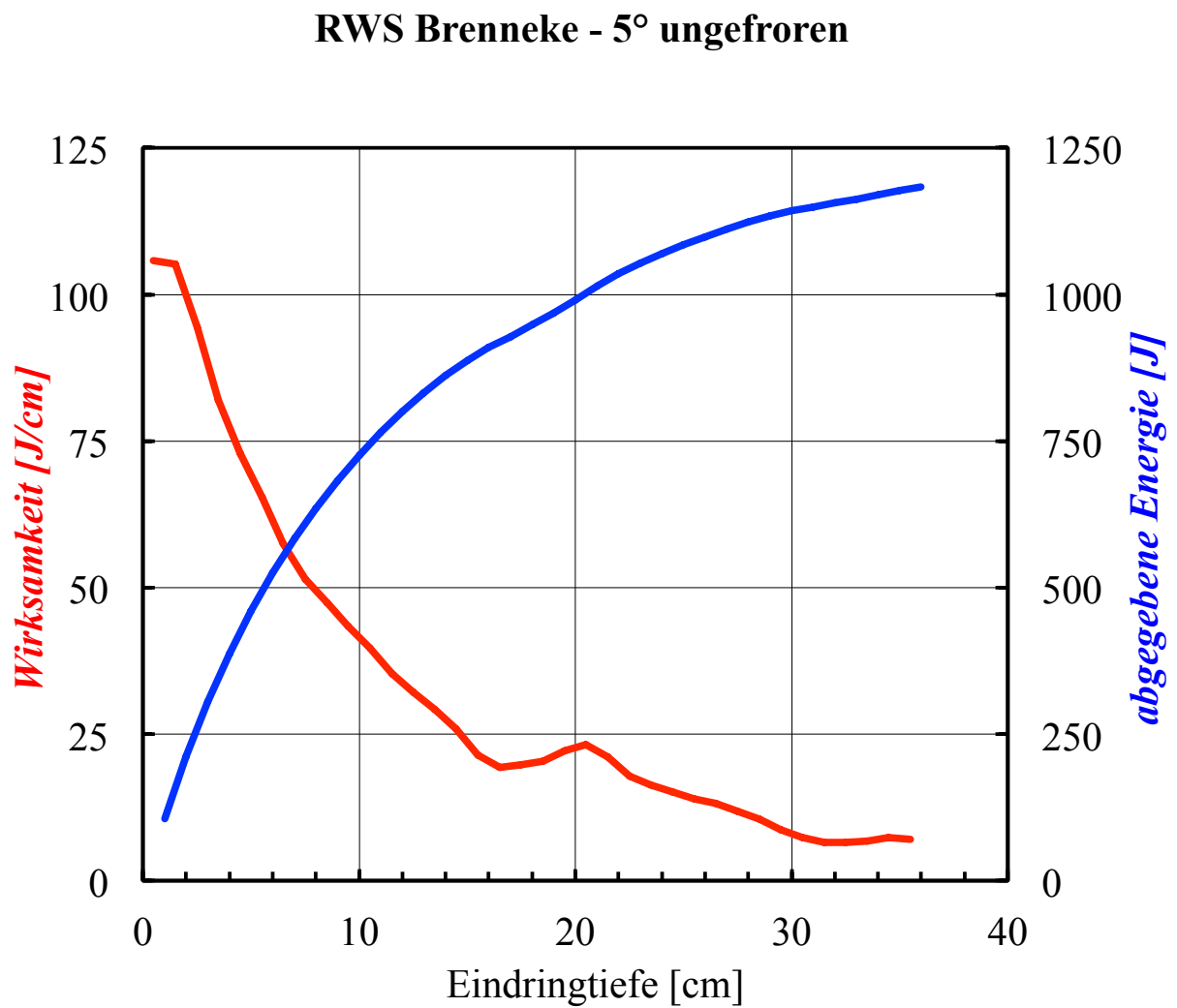
##### **Seifenbeschuß 9: flacher Winkel (Auftreffwinkel 5°)**

Bei Beschuß des ungefrorenen Ackerbodens prallten die Geschosse in der unter 3.2.2.1 beschriebenen Abprallserie bei einem Auftreffwinkel von 5° regelmäßig ab. Ein bei diesem Auftreffwinkel beschossener Seifenblock lieferte folgende Ergebnisse:

Das abgeprallte Geschöß hinterließ einen 36 cm langen Schußkanal im Seifenblock und steckte an dessen Ende im Seifenblock fest.

Die entlang dieses Kanals abgegebene Energie betrug lt. k-Analyzer 1183,60 J. Dies entsprach 53,73 % der ursprünglichen,  $V_{20}$  entsprechenden Auftreffenergie von 2203 J.

Eine maximale Wirksamkeit von 105,7 J / cm entfaltete das Geschöß lt. k-Analyzer direkt nach Eintritt (0,5 cm) in den Seifenblock. Danach fiel der Wert für die Wirksamkeit wieder ab - darin eingeschlossen ein Plateau mit einem erneuten Anstieg der Wirksamkeit auf 23,15 J / cm bei einer Eintrittstiefe von 20,5 cm (siehe Abb. 79).



**Abb. 79**      Seifenbeschuß 9

*Mittels k-Analyzer berechnete Wirksamkeit und abgegebene Energie*

## **Ungefrorener Boden**

### **Seifenbeschuß 10: Grenzwinkelbereich (Auftreffwinkel 20°)**

Gemäß Abprallserie lag der Grenzwinkel des Geschosses im Falle des ungefrorenen Bodens in einem Auftreffwinkelbereich von 20°.

Ein Beschuß von hinter die Abprallstelle gestellten Glycerinseifeblöcken erwies sich in dieser Situation als unmöglich, da die Geschosse nicht mehr im typischen Sinne abprallten und keinen direkten Kontakt zu den Seifenblöcken hatten.

Aus diesem Grunde wurde die ansonsten auf der Anschußtafel befindliche Polycarbonatfolie in diesem besonderen Falle deckelartig mit Hilfe eines Heftgerätes direkt an der mit Ackerboden befüllten Holzkiste befestigt, wobei das dem Lauf abgewandte Ende und die Flanken der Kiste mit der Folie komplett verschlossen wurden. Hierdurch sollte es möglich werden, zu überprüfen, ob die Geschosse noch genug Energie hatten, die Folie zu durchschlagen (siehe hierzu 3.1 - Material und Methoden, Polycarbonat – Bedeckung der Holzkiste).

Weder penetrierte eines der drei abgefeuerten Geschosse die Polycarbonatfolie nennenswert, noch kam es zu einem Steckschuß. Somit war eine Restenergie des Geschosses von weniger als 7 Joule anzunehmen.



## **Gefrorener Boden**

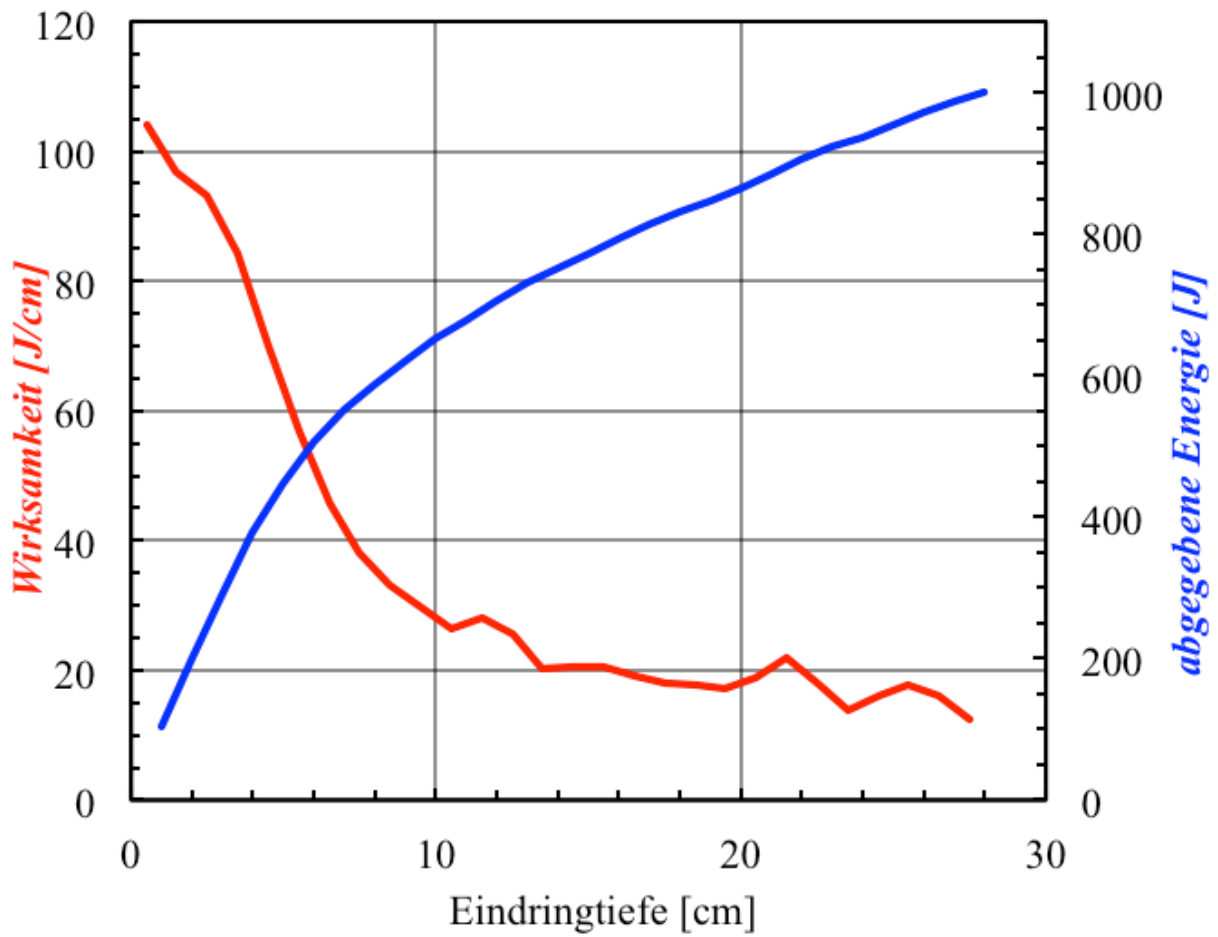
### **Seifenbeschuß 11: flacher Winkel (Auftreffwinkel 5°)**

Bei Beschuß des gefrorenen Ackerbodens prallten die Geschosse in der Abprallserie bei einem Auftreffwinkel von 5° regelmäßig ab. Ein bei diesem Auftreffwinkel beschossener Seifenblock lieferte folgende Ergebnisse:

Das abgeprallte Geschöß hinterließ einen 28 cm langen Schußkanal im Seifenblock und steckte an dessen Ende im Seifenblock fest.

Die entlang dieses Kanals abgegebene Energie betrug lt. k-Analyzer 999,87 J. Dies entsprach 45,38 % der ursprünglichen,  $V_{20}$  entsprechenden Auftreffenergie von 2203 J.

Eine maximale Wirksamkeit von 103,97 J / cm entfaltete das Geschöß lt. k-Analyzer direkt nach Eintritt (0,5 cm) in den Seifenblock. Danach fiel der Wert für die Wirksamkeit wieder ab - darin eingeschlossen drei erneute Anstiege der Wirksamkeit auf 27,96 J / cm bei einer Eintrittstiefe von 11,5 cm bzw. 21,88 J / cm bei 21,5 cm und 17,83 J / cm bei 25,5 cm (siehe Abb. 80).

**RWS Brenneke - gefroren 5°****Abb. 80** Seifenbeschuß 11

*Mittels k-Analyzer berechnete Wirksamkeit und abgegebene Energie*

## **Gefrorener Boden**

### **Seifenbeschuß 12: Grenzwinkelbereich (Auftreffwinkel 25°)**

Gemäß Abprallserie lag der Grenzwinkel des Geschosses im Falle des gefrorenen Bodens in einem Auftreffwinkelbereich von 25° - 30°.

Ein Beschuß von hinter die Abprallstelle gestellten Glycerinseifeblöcken erwies sich in dieser Situation wie im Falle des Grenzwinkelbeschusses des ungefrorenen Bodens ebenfalls als unmöglich. Die Geschosse prallten auch hier nicht mehr im typischen Sinne ab und hatten keinen direkten Kontakt zu den Seifenblöcken.

Aus diesem Grunde wurde die ansonsten auf der Anschußtafel befindliche Polycarbonatfolie hier ebenfalls deckelartig mit Hilfe eines Heftgerätes direkt an der mit Ackerboden befüllten Holzkiste befestigt.

Weder penetrierte eines der drei abgefeuerten Geschosse die Polycarbonatfolie nennenswert, noch kam es zu einem Steckschuß. Somit war eine Restenergie des Geschosses von weniger als 7 Joule anzunehmen.

### **3.2.2 Untersuchungen Flintenlaufgeschöß**

#### **Brenneke Original cal. 12**

#### **3.2.2.3 Analyse der Ergebnisse**

##### **3.2.2.3.1 Abprallwinkel**

Ein Vergleich der Abprallwinkel von ungefrorenem und gefrorenem Boden war bei nicht eindeutig vergleichbaren Auftreffwinkeln nicht möglich. Auf flachere Schüsse wurde aus versuchsökonomischen Gründen teilweise verzichtet, da diese mit hoher Wahrscheinlichkeit ebenfalls Abpraller zur Folge gehabt hätten.

##### **3.2.2.3.2 Grenzwinkel**

#### **Generelles**

Auch hier werden Höhen, die im Rahmen der durchgeführten Schußversuche für das Erreichen des Grenzwinkels nötig wären, aber 5 m übersteigen, im Folgenden als unrealistisch bezeichnet (siehe auch 3.2.1.3.2 Grenzwinkel - Generelles).

Die Berechnung der jeweils notwendigen Höhe einer Jagdeinrichtung erfolgt hier ebenfalls anhand der Tangens-Winkelfunktion [62] (siehe Abb. 42).

## **Vergleich von ungefrorenem und gefrorenem Boden**

### **Schußentfernung 20 m**

Der ungefrorene Boden wies einen Grenzwinkel von  $20^\circ$  auf. Eine Jagdeinrichtung, mit der dieser Winkel auf einer Entfernung von 20 m erreicht werden könnte, müßte 7,3 m hoch sein. Erst ab dieser Mindesthöhe wäre damit zu rechnen, daß das Geschoß anfängt, nicht mehr vom Ackerboden abzurallen.

Der gefrorene Boden wies hingegen einen Grenzwinkel von  $30^\circ$  auf. Eine Jagdeinrichtung, mit der dieser Winkel auf einer Entfernung von 20 m erreicht werden könnte, müßte in diesem Falle 9,3 m bis 11,5 m hoch sein. Erst ab dieser Mindesthöhe wäre damit zu rechnen, daß das Geschoß anfängt, nicht mehr abzurallen.

Es ist demnach festzustellen, daß ein Gefrieren des Bodens im Falle des Flintenlaufgeschosses eine Erhöhung des Grenzwinkels zur Folge hatte, und zwar um das 1,5-fache.

Eine ausreichende Jagdeinrichtungshöhe von 7,3 m für das Erreichen des Grenzwinkelbereichs bei ungefrorenem Boden, sowie von 9,3 m bis 11,5 m bei gefrorenem Boden erscheint jeweils unrealistisch.

### **3.2.2.3.3 Restmasse, Geschoßdeformation und Restenergie**

#### **Vergleich von ungefrorenem und gefrorenem Boden**

#### **Schußentfernung 20 m**

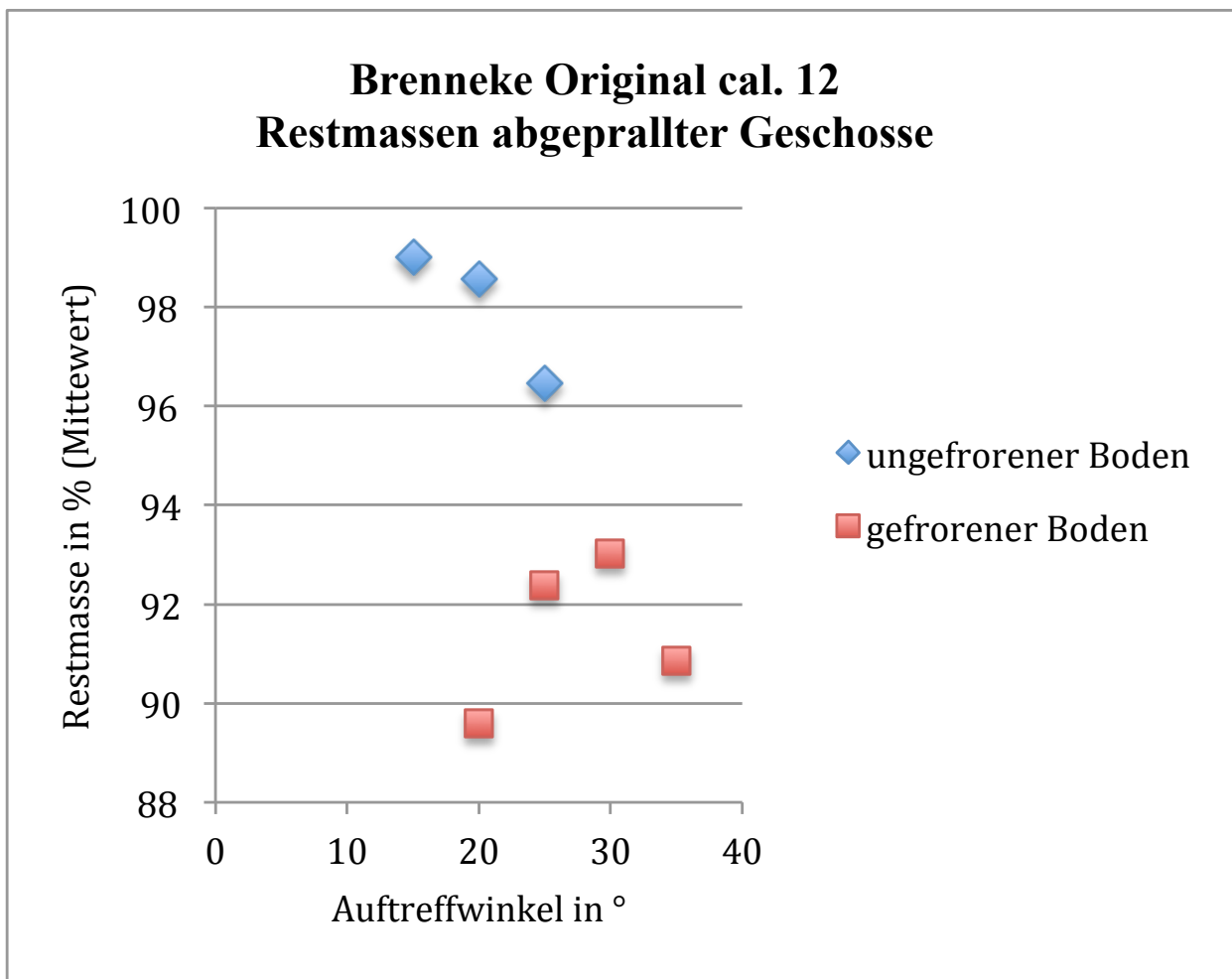
##### **Generelles:**

Wie bereits erwähnt, erfuhren die Geschosse durch den Abprallvorgang regelmäßig eine Deformation ohne zu zerbrechen, wobei auf den ersten Blick ersichtlich ist, daß die Geschosse durch gefrorenen Boden eine größere Deformation erfuhren. Dies korrelierte auch mit den entsprechenden Restmassen der Geschosse.

##### **Restmasse**

Im Auftreffwinkelbereich von 20° und 25°, der einen direkten Vergleich der jeweiligen Restmassen ermöglichte, konnte festgestellt werden, daß Geschosse, die von gefrorenem Boden abgeprallt waren, eine geringere Restmasse besaßen als jene, die von ungefrorenem Boden abgeprallt waren. Der gefrorene Boden schien in diesem Falle also in Bezug auf Deformation und Restmasse eine größere Wirkung auf das Geschoß auszuüben als ungefrorener Boden.

Insgesamt betrachtet nahm die Restmasse der Geschosse bei Beschuß von ungefrorenem Boden stetig ab, wohingegen diese im Falle des gefrorenen Bodens relativ stark schwankte und sich keine Gesetzmäßigkeit erkennen ließ (siehe Abb. 81).

**Abb. 81**

*Brenneke Original cal. 12*

*Restmassen abgeprallter Geschosse (Mittelwert)*

### **Seifenbeschuß bei flachem Auftreffwinkel (je 5°)**

#### **Eindringtiefe**

Die jeweiligen Längen der durch die abgeprallten Geschosse hervorgerufenen Schußkanäle unterschieden sich bei Beschuß des ungefrorenen Bodens (Länge des Kanals 36 cm) und des gefrorenen Bodens (Länge des Kanals 28 cm) um 8 cm.

#### **Restenergie**

Ein Gefrieren des Bodens bewirkte einen deutlichen Abfall der Restenergie des bei einem flachen Auftreffwinkel von 5° abgeprallten Geschosses.

Während diese bei Beschuß des ungefrorenen Bodens 1183,60 J betrug (53,73 % der ursprünglichen  $E_{100}$  von 2203 J), lag sie bei Beschuß des gefrorenen Bodens nur noch bei 999,87 J (45,38 % der  $E_{100}$ ). Die Restenergie verringerte sich somit um 15,52 % (siehe Abb. 82).

### **Grenzwinkelbereich (20° und 25°)**

#### **Eindringtiefe**

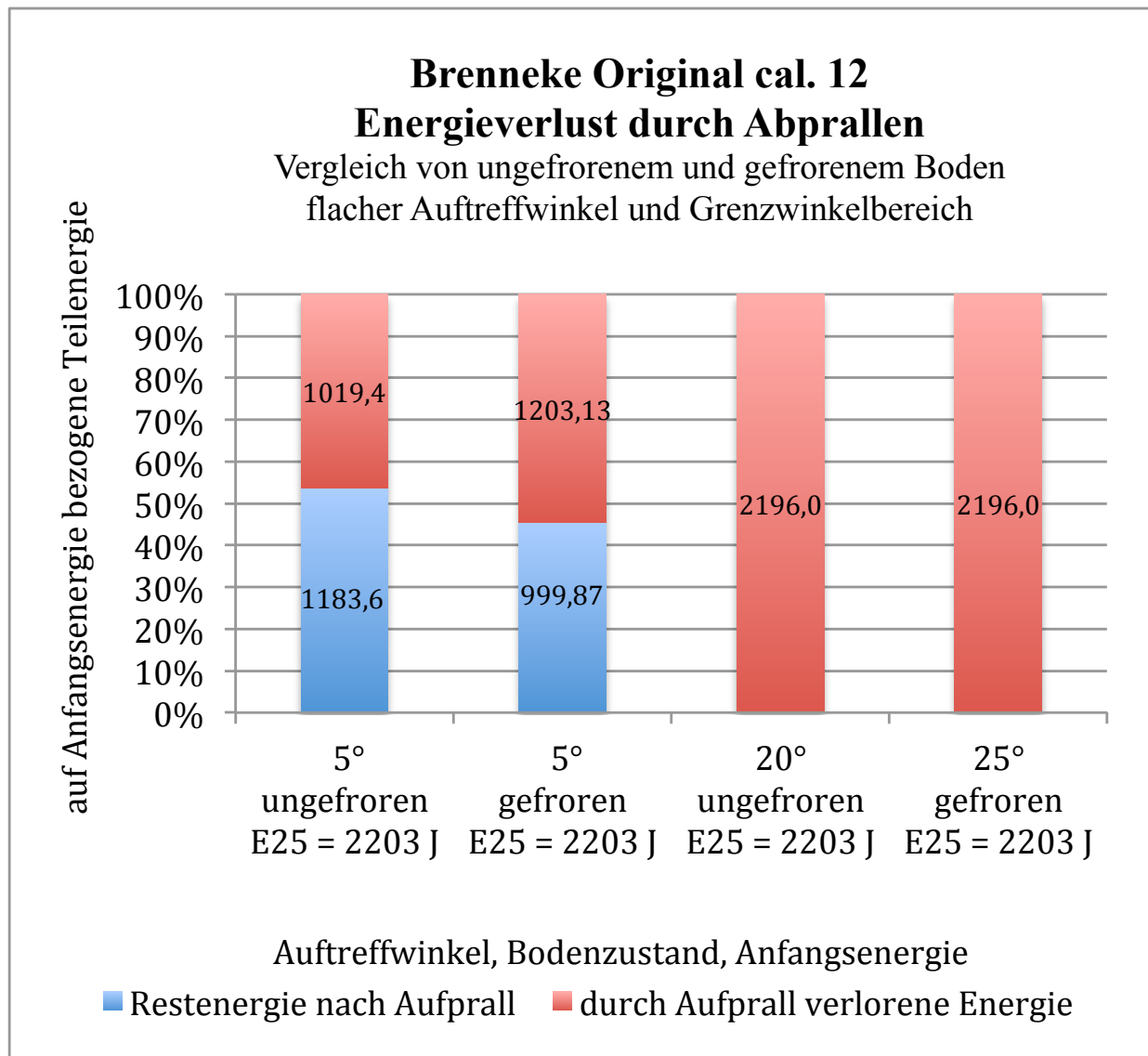
Wie unter 3.3.2.2 aufgeführt war ein Seifenbeschuß nicht möglich.

#### **Restenergie**

Es konnte aufgrund der Tatsache, daß die Polycarbonatfolie in beiden Fällen nicht penetriert wurde, festgestellt werden, daß sich die Restenergien der Geschosse, die von ungefrorenem und gefrorenem Boden im jeweiligen



Grenzwinkelbereich abgeprallt sind, nicht unterschieden. In beiden Fällen lag die Restenergie der Geschosse unter 7 Joule (siehe Abb. 82).



**Abb. 82**

*Brenneke Original cal. 12*  
*Energieverlust durch Abprallen*

## **4 Diskussion**

### **4.1 Fragestellung**

(siehe auch 1.2.3 Zielsetzung der vorliegenden Dissertation)

Absicht dieser Arbeit ist es, das Abprallverhalten ausgewählter Büchsen- und Flintenlaufgeschosse nach Kontakt mit Ackerboden zu untersuchen. Hierbei soll insbesondere untersucht werden, inwiefern sich hierbei ungefrorener Ackerboden von gefrorenem Ackerboden unterscheidet bzw. inwiefern sich verschiedene Büchsen- und Flintenlaufgeschosstypen voneinander unterscheiden. Simuliert wurde eine Schußentfernung von 100 m (Büchsen- und Flintenlaufgeschosse) bzw. 20 m (Flintenlaufgeschos). Die Geschosse wurden in ihrer Laborierung jeweils entsprechend angepasst.

Insbesondere wurde der Abprallwinkel in der sagittalen Ebene und derjenige Auftreffwinkel (der sog. Grenzwinkel), bis zu welchem die Geschosse noch vom Untergrund abprallen, untersucht. Damit einhergehend stellte sich die Frage, welche Höhe für eine entsprechende Jagdeinrichtung demzufolge jeweils nötig wäre, um diesen bestimmten Grenzwinkel zu erreichen.

Um eine Aussage über das Gefährdungspotential der jeweiligen Geschosstypen zu treffen, wurden die Restmasse und Deformationsgrad der abgeprallten Geschosse bestimmt. Mittels ballistischer Glycerinseife wurden Untersuchungen zur Restenergie durchgeführt.

## 4.2 Abprallwinkel

Die Abprallwinkel der in dieser Arbeit verwendeten Geschosse variierten teilweise stark, wobei dies sowohl für ungefrorenen als auch für gefrorenen Boden galt. Insofern und insbesondere aufgrund der relativ gering anmutenden Schußzahlen pro Auftreffwinkel gestaltete sich eine verlässliche Beurteilung und Differenzierung der resultierenden Abprallwinkel als eher schwierig, zumal auch die in der Literatur [32] beschriebenen Abprallwinkel von inhomogenen Medien wie Naturstraße teilweise stark schwanken und dort nur einen informativen Charakter haben.

Das gleiche galt auch für den hier verwendeten relativ inhomogenen Ackerboden. Daher ließ sich auch nicht sicher oder abschließend beurteilen, inwiefern sich die verschiedenen Geschosskonstruktionen in Bezug auf Ihren Abprallwinkel verhielten. Auch konnte keine valide Gesetzmäßigkeit herausgearbeitet werden. Dazu wären wesentlich umfangreichere Versuchsserien mit einer größeren Anzahl an untersuchten Geschosstypen und abgegebenen Schüssen notwendig. Dies erschien im Rahmen dieser Arbeit jedoch nicht angebracht.

Bei sehr flachen Auftreffwinkeln von  $2^\circ$  wies das Geschosß Bionic Black im Falle des gefrorenen Bodens durchschnittlich flachere Abprallwinkel auf ( $3,7^\circ$ ) als bei Beschuß des ungefrorenen Bodens ( $11,1^\circ$ ). Teilweise galt dies auch für das Geschosß Oryx, Aufgrund eines als Ausreißer zu bewertenden überdurchschnittlich großen Abprallwinkels ( $24,9^\circ$ ) lag der durchschnittliche Wert der Abprallwinkel bei gefrorenem Boden ( $11,3^\circ$ ) jedoch über dem für ungefrorenen Boden ( $10,2^\circ$ ). Bei etwas steileren

Auftreffwinkeln ( $5^\circ$ ) wies der gefrorene Boden im Falle des Geschosses Bionic Black jedoch durchweg größere Abprallwinkel auf ( $11,9^\circ$  im Vergleich zu  $6^\circ$  beim ungefrorenen Boden). Beim Geschöß Oryx waren unter identischen Bedingungen in den meisten Fällen bereits Steckschüsse vorhanden.

Im Falle des Flintenlaufgeschosses Brenneke wurde wie bereits erwähnt aufgrund versuchsökonomischer Gründe auf Schüsse unter gleichen, flachen Auftreffwinkeln verzichtet. Daher war kein direkter Vergleich zwischen ungefrorenem und gefrorenem Boden bei identischen Auftreffwinkeln möglich.

Nach Sellier [74] üben feste Prellmedien weniger Einfluß auf ein abprallendes Geschöß aus als weichere Prellmedien. Ein möglicher Erklärungsgrund dafür ist die kürzere Kontaktzeit des Geschosses während des Abprallens. In diesem Zusammenhang beeinflusst besonders die Dichte des Prellmediums dessen Verformung bei Beschuß, was letztlich in einer kürzeren Kontaktzeit resultiert. Resultierend ist ein flacherer Abprallwinkel, unter welchem die Geschosse von festeren Medien rikoschettieren.

Die im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Versuche konnten dies anhand der Büchsen Geschosse teilweise bestätigen, wie z.B. im Falle des Geschosses Bionic Black bei flachen Schüssen mit Auftreffwinkeln von  $2^\circ$  und teilweise beim Oryx Geschöß.

Kneubuehl [36] gibt an, daß die Abprallwinkel der von harten Prellobjekten (z.B. harter Beton) rikoschettierten Geschossen kleiner sind als die entsprechenden Auftreffwinkel. Die Geschosse dringen hierbei nicht in das Prellmedium ein. Bei halbharten Objekten (z.B. weicher Beton) steigen die Abprallwinkel an, übersteigen die Auftreffwinkel jedoch nicht. Es kommt allerdings zu rinnenförmigen Spuren im Zielmedium. Im Vergleich zum Auftreffwinkel treten größere Abprallwinkel erst bei weichen Prellobjekten (wie z.B. weichem Erdreich) auf.

Der erwähnte Anstieg der Auftreffwinkel bei einem weicherem Prellmedium ließ sich ebenfalls bestätigen, ebenso wurde das Auftreten der rinnenförmigen Spuren, die sich in der Versuchsreihe nach Abprallen vom gefrorenen Boden darstellten, beobachtet. Der gefrorene Boden schien somit das Kriterium eines halbharten Prellmediums zu erfüllen.

Nicht verifizieren ließ sich hingegen, daß die Abprallwinkel nur bei Schüssen auf weiche Prellmedien größer seien als die jeweiligen Auftreffwinkel. Bis auf zwei Ausnahmen bei flachen Auftreffwinkeln (Oryx  $2^\circ$ , ungefrorener und gefrorener Boden) waren jene stets größer als die Auftreffwinkel.

Beim Vergleich der Abprallwinkel der Geschosse Bionic Black und Oryx von ungefrorenem Boden fiel auf, daß sich diese im Falle flacher Auftreffwinkel ( $2^\circ$ ) relativ ähnlich waren. Das Geschöß Bionic Black wies jedoch im Mittel leicht größere Abprallwinkel auf ( $11,1^\circ$  vs.  $10,2^\circ$  beim Oryx Geschöß). Diese Ähnlichkeit der Abprallwinkel ließ sich beim gefrorenen Boden hingegen nicht mehr beobachten, da die Werte einer

deutlich größeren Streuung unterlagen. Im Mittel wies das Geschöß Oryx daher größere Abprallwinkel auf ( $11,3^\circ$  vs.  $3,7^\circ$  bei Bionic Black).

Die Studie der DEVA [42] aus dem Jahre 2011 besagt, daß sich die Abprallwinkel bleifreier Geschosse nicht signifikant von denen bleihaltiger Geschosse unterscheiden. Dies ließ sich für das bleifreie Geschöß Bionic Black im Bereich flacher Auftreffwinkel bei ungefrorenem Boden ebenfalls bestätigen. Die Beschüsse des gefrorenen Bodens sprachen allerdings eher gegen eine solche Annahme, hier wiesen die Abprallwinkel von bleihaltigem und bleifreiem Geschöß teilweise deutlich unterschiedliche Werte auf.

### **4.3 Grenzwinkel**

#### **Bionic Black**

Der gefrorene Boden hatte einen größeren Grenzwinkel beim Abprallen zur Folge als ungefrorener Boden (das 2,5-fache, ungefroren  $6^\circ$ , gefroren  $15^\circ$ ). Entsprechende, für einen Steckschuß auf 100 m Distanz notwendige Jagdeinrichtungsmindesthöhen wären in beiden Fällen unrealistisch.

#### **Oryx**

Der gefrorene Boden hatte auch hier einen größeren Grenzwinkel beim Abprallen zur Folge (das 1,4-fache, ungefroren  $3,5^\circ$ , gefroren  $5^\circ$ ). Entsprechende für einen Steckschuß mindestens notwendige Hochsitzhöhen wären bei beiden Bodenzuständen ebenfalls unrealistisch.

## Brenneke

Auch im Falle des Flintenlaufgeschosses besaß der gefrorene Boden einen größeren Grenzwinkel als der ungefrorene Boden (das 1,5-fache, ungefroren  $20^\circ$ , gefroren  $30^\circ$ ). Die für einen Steckschuß mindestens notwendigen Jagdeinrichtungshöhen wären auch hier jeweils unrealistisch.

Insgesamt betrachtet bewirkte ein Gefrieren des Bodens also wie in der Literatur u.a. durch Sellier [73] beschrieben bei allen drei Geschossen eine Erhöhung des Grenzwinkels, ab welchem die Geschosse nicht mehr rikoschettierten. Die Feststellung, daß je härter das Material des Prellmediums, desto größer auch der Grenzwinkel sei, ließ sich sehr eindrücklich bestätigen. Diese Größe der Erhöhung variierte jedoch relativ stark (1,25-fache Erhöhung bei Flintenlaufgeschossen bis zu 2,5-facher Erhöhung bei Büchsenmunition), was zu teilweise unrealistisch großen Hochsitzhöhen führen würde, ab denen ein Steckschuß überhaupt erst zu erwarten wäre.

Der von Sellier mit  $7^\circ$  beschriebene, als Anhaltspunkt zu wertende Wert für den Grenzwinkel von Erde wurde in dieser Arbeit von den Büchsengeschossen allerdings unterschritten ( $6^\circ$  bei Bionic Black bzw.  $3,5^\circ$  bei Oryx im Falle des ungefrorenen Bodens).

Kitza und Schmidt [30] zufolge liegt der Grenzwinkel von Flintenlaufgeschossen, die an Sand rikoschettierten bei  $20^\circ$  (Schußentfernung von 25 m). Trotz der relativ unterschiedlichen Beschaffenheit der beiden Zielmedien Ackerboden und Sand stimmten

diese Werte dennoch relativ gut mit den in der vorliegenden Arbeit ermittelten Werten überein (der Grenzwinkel von ungefrorenem Ackerboden betrug wie bereits erwähnt etwa  $20^\circ$ )

### **Vergleich der Büchsen geschosse**

Im Falle des ungefrorenen Bodens besaß das bleihaltige Geschöß Oryx einen Grenzwinkel von  $3,5^\circ$ , das bleifreie Bionic Black besaß hingegen einen Grenzwinkel von  $6^\circ$ . Es prallte im Vergleich zum bleihaltigen Geschöß noch bei einem höheren Auftreffwinkel ab und wies demnach einen größeren Grenzwinkel auf.

Das Gleiche galt bei gefrorenem Boden: hier wies das bleihaltige Geschöß Oryx einen Grenzwinkel von  $5^\circ$  auf, das bleifreie Bionic Black hingegen einen Grenzwinkel von  $15^\circ$ .

Hieran gemessen wären demnach bei einer Schußentfernung von 100 m ausreichend große, zu Steckschüssen im Erdreich führende Jagdeinrichtungshöhen für beide Geschosse als unrealistisch zu werten - sowohl bei ungefrorenem als auch bei gefrorenem Boden.

Etwas anders stellt sich die Situation bei einer theoretischen Schußentfernung von 50 m dar - jedoch mit den unter 3.2.1.3.2 genannten Einschränkungen, da eine entsprechende Laborierung der Geschosse auf eine  $V_{50}$  im Rahmen dieser Arbeit nicht durchgeführt wurde (siehe „angenommene Schußentfernung von 50 m“). Zwar wäre selbst in diesem Fall eine beim Geschöß Bionic Black zu Steckschüssen führende Jagdeinrichtungshöhe - zumindest bei Beschuß von gefrorenem Boden -



unrealistisch. Bei Beschuß des ungefrorenen Bodens, erscheint die benötigte Höhe jedoch schon eher realistisch. Im Falle des Geschosses Oryx wären entsprechende Jagdeinrichtungshöhen sogar sowohl bei Beschuß des ungefrorenen als auch des gefrorenen Bodens als durchaus realistisch zu werten.

#### **4.4 Geschößdeformation und Restmasse**

##### **Bionic Black**

Das in die Kategorie massestabil und formveränderlich fallende Geschöß konnte diese Eigenschaften im Falle eines Abprallens von Boden offensichtlich nicht weiter halten, da die Geschosse bei Auftreffwinkeln, die größer als  $5^\circ$  waren, regelmäßig auseinanderbrachen und es zu keinem regelrechten Aufpflzvorgang kam.

Geschosse, die von ungefrorenem Boden abprallten, brachen im Bereich flacher Auftreffwinkel sogar noch schneller auseinander als bei Abprallen von gefrorenem Boden. Bereits ab einem Auftreffwinkel von  $2^\circ$  gab es keine intakten Geschosse mehr. Der ungefrorene Boden schien demnach in Bezug auf Restmasse und Deformation einen größeren Einfluß auf das Geschöß zu haben als der gefrorene. Allerdings besaßen die Geschosse ab Überschreitung eines bestimmten Auftreffwinkels stets relativ ähnliche Restmassewerte. Ein Unterschied zwischen ungefrorenem und gefrorenem Boden ließ sich bei Auftreffwinkeln über  $5^\circ$  somit nicht mehr feststellen.

## **Oryx**

Außer im Falle sehr flacher Auftreffwinkel, bei dem die Geschosse teilweise gar nicht in der erwarteten Weise deformierten, pilzten diese bei allen anderen Auftreffwinkelbereichen stets auf. Allerdings variierte das Aussehen der deformierten Geschosse relativ stark. Auch die entsprechenden Restmassen verhielten sich dementsprechend - es stellte sich kein einheitlicher Richtwert ein.

Der ungefrorene Boden schien in bestimmten Grenzen außer im Bereich äußerst flacher Auftreffwinkel eine größere Wirkung in Bezug auf Deformation und Restmasse auf das Geschöß auszuüben als gefrorener Boden.

## **Brenneke**

Im Gegensatz zu den beiden Büchsegeschossen deformierten die Flintenlaufgeschosse durch den Abprallvorgang nur sehr wenig. Allerdings schien hier der gefrorene Boden in Bezug auf Deformation und Restmasse einen größeren Einfluß auf das Geschöß auszuüben.

Die Restmasse der Geschosse nahm bei Beschuß von ungefrorenem Boden bei steigenden Aufprallwinkeln stetig ab, im Falle des gefrorenen Bodens schwankte sie relativ stark. Die in der Literatur beschriebene Gesetzmäßigkeit, daß je steiler der Auftreffwinkel desto größer auch die Geschößdeformation sei [22], ließ sich nur teilweise bestätigen, da sich die Geschosse beispielsweise im Falle des bleifreien Bionic Black ab einem gewissen Auftreffwinkel fast identisch deformierten und sich ein relativ

konstanter Wert der Restmasse ergab. Insbesondere im Falle des bleihaltigen Oryx und des Flintenlaufgeschosses schwankten diese Werte sogar erheblich und nahmen mit steigendem Auftreffwinkel teilweise sogar zu. Ein wahrscheinlicher Erklärungsgrund für dieses Phänomen könnte trotz der in dieser Arbeit relativ standardisierten Bodenbeschaffenheit an der auch in der jagdlichen Praxis nicht gänzlich zu vermeidenden relativ inhomogenen Konsistenz und Oberfläche des verwendeten Prellmediums Ackerboden liegen.

Weiterhin wird in der Literatur beschrieben, daß die durch ein weiches Prellmedium wie z.B. Sand bedingte Geschosßdeformation in bestimmten Grenzen größer sei als die durch ein hartes Medium wie z.B. Beton verursachte Deformation [74]. Diese Feststellung ließ sich im Rahmen der durchgeführten Versuche teilweise ebenfalls treffen: so schien dies im Falle von Bionic Black und Oryx zwar in bestimmten Grenzen zuzutreffen, das Flintenlaufgeschosß erfuhr durch das relativ harte Medium des gefrorenen Bodens allerdings eine größere Deformation als durch den relativ weichen ungefrorenen Ackerboden.

Die 2011 abgeschlossene Studie der DEVA [42] zeigt in Bezug auf die prozentuale Restmasse der untersuchten Geschosse, daß diese bei den bleifreien Geschossen größer ist als bei den bleihaltigen Geschossen. Diese Begebenheit konnte durch die vorliegende Arbeit in den meisten Fällen verifiziert werden: so wies das bleifreie Bionic Black Geschosß außer im Bereich relativ flacher Auftreffwinkel (ungefrorener Boden) bzw. relativ steiler Auftreffwinkel (gefrorener Boden) prozentual gesehen durchweg eine höhere Restmasse als das bleihaltige Oryx.

## 4.5 Restenergie

### Generelles

Aufgrund der fehlenden technischen Möglichkeit, die Geschößgeschwindigkeit nach dem Abprallen zu messen, konnte in der durchgeführten Versuchsreihe als einzig messbarer Parameter für die Quantifizierung der kinetischen Energie ( $E = \frac{1}{2} \times m \times v^2$ ) nur die bereits diskutierte Masse  $m$  (bzw. die Restmasse) des Geschosses zu Rate gezogen werden. Je geringer diese nach Abprallen war, desto geringer war auch die Restenergie des Geschosses. Dennoch ist unbestreitbar, daß auch die Geschwindigkeiten der Geschosse nach Abprallen im Allgemeinen geringer sind als vor dem Abprallen und im Vergleich zur geringeren Masse einen insgesamt deutlich größeren Beitrag zur kinetischen Energie eines Geschosses bzw. zum Verlust derselben beisteuern.

Es bleibt zu berücksichtigen, daß die hier durchgeführten Seifenbeschüsse aufgrund der niedrigen Schußzahlen nur einen exemplarischen Charakter haben konnten, aber trotz allem als ein wertvoller Anhalt zur Problematik der Restenergie gewertet werden können. Insbesondere die erwähnte relative Inhomogenität des vorliegenden Prellmediums führte dazu, daß die jeweiligen Veränderungen am Geschoß und dessen weitere Flugbahn sowie schließlich auch der im Seifenblock verursachte Schußkanal nach Abprallen höchst unterschiedlich waren und somit jeder Seifenschuß nicht dem anderen gleichen konnte.

Generell ließ sich jedoch feststellen, daß sich alle abgeprallten Geschosse im Seifenblock in Bezug auf den entstandenen Schußkanal wie in der Literatur beschrieben [48] stark ähnelten. Die größte Energieabgabe

erreichten die Geschosse jeweils innerhalb der ersten Zentimeter des Schußkanals, danach fielen die Energiewerte ab.

### **Flacher Auftreffwinkel**

#### **Bionic Black**

Es ließ sich kein Unterschied feststellen zwischen den Restenergien der Geschosse nach Abprallen von ungefrorenem und gefrorenem Boden (Auftreffwinkel  $5^\circ$ ), wenngleich bei Beschuß des gefrorenen Bodens aufgrund der im Durchschnitt höheren Restmasse der abgeprallten Geschosse eigentlich eine größere Restenergie zu erwarten gewesen wäre. Erwähnenswert ist allerdings, daß die Geschosse regelmäßig auseinanderbrachen und nur noch ein übriggebliebenes Kerngeschöß von wundballistischer Bedeutung war.

#### **Oryx**

Das von ungefrorenem Boden mit einem Auftreffwinkel von  $2^\circ$  abgeprallte Geschöß wies eine deutlich höhere Restenergie auf als das unter gleichem Auftreffwinkel von gefrorenem Boden abgeprallte Geschöß (+30%), In diesem besonderen Fall bzw. Auftreffwinkelbereich war allerdings zu beachten, daß es in der den Seifenbeschüssen vorangegangenen Abprallserie in 1 von 3 (gefrorener Boden) bzw. 2 von 3 Fällen (ungefrorener Boden) gar nicht erst zu der erwarteten Aufpilzung des Geschosses kam. Somit ließ sich letztendlich keine sichere Aussage darüber treffen, welches Geschöß eine größere Restenergie besitzt, da der

Seifenblock bei beiden Bodenarten sowohl von einem deformierten als auch von einem nicht deformierten Geschöß getroffen worden sein könnte.

### **Brenneke**

Beim Flintenlaufgeschöß ergab sich in Einklang mit den bei Beschuß des gefrorenen Bodens im Durchschnitt geringeren Restmassen, daß ein Gefrieren des Bodens einen deutlichen Abfall der Restenergie der mit einem Auftreffwinkel von  $5^\circ$  abgeprallten Geschosse zur Folge hatte (-15,52%).

Insgesamt ließ sich beobachten, daß das Flintenlaufgeschöß und das bleihaltige Geschöß Oryx im Falle flacher Auftreffwinkel nach Abprallen von gefrorenem Boden eine geringere Restenergie besaßen als nach Abprallen von ungefrorenem Boden, wonach gefrorener Boden somit also einen größeren Einfluß auf die Restenergie des Geschosses auszuüben schien als ungefrorener Boden. Dies könnte im Falle des bleifreien Geschosses Oryx jedoch rein zufallsbedingt bzw. davon abhängig gewesen sein, ob ein relativ intaktes oder ein bereits deformiertes Geschöß die Seife durchdrang.

Anders stellte sich die Situation beim bleifreien Geschöß dar, da hier ein Gefrieren des Bodens keinen sichtlichen Einfluß auf die Restenergie des Geschosses nach Abprallen zur Folge zu haben schien. Hierbei bleibt insbesondere zu berücksichtigen, daß die in der Abprallserie untersuchten bleifreien Geschosse bei Auftreffwinkeln, die größer als  $5^\circ$  waren, im Gegensatz zum bleifreien Geschöß und dem Flintenlaufgeschöß nicht wie vorgesehen deformierten, sondern regelmäßig auseinanderbrachen und aus

wundballistischer Sicht somit nur das aus einem Block bestehende Kerngeschosß erfasst wurde.

Letztendlich besaßen alle bei einem flachen Auftreffwinkel abgegebenen Geschosse nach Abprallen noch hohe Restenergien von jeweils mindestens ca. 1000 J.

### **Vergleich der Büchsengeschosse im Bereich flacher Auftreffwinkel**

Ein direkter Vergleich der beiden Büchsengeschosßtypen in Bezug auf ihre Restenergien wurde aufgrund der unter 3.4.1.2.3 und 3.4.1.2.4 genannten Einschränkungen nicht durchgeführt. Dennoch ließ sich anhand der Seifenbeschüsse beobachten, daß im Falle flacher Auftreffwinkel sowohl das bleihaltige als auch das bleifreie Geschosß sehr hohe Restenergie besaßen (niedrigster Wert ca. 1407 J beim ungefrorenen Boden und niedrigster Wert ca. 1427 J beim gefrorenen Boden).

### **Grenzwinkelbereich**

#### **ungefroren vs. gefroren**

#### **Bionic Black**

Ein Gefrieren des Bodens bewirkte eine Erhöhung des Grenzwinkels. Geschosse, die in diesem Grenzwinkelbereich noch rikoschettierten, besaßen eine geringere Restenergie als Geschosse, die im Grenzwinkelbereich des ungefrorenen Bodens abprallten.

## **Oryx**

Ein Gefrieren des Bodens bewirkte auch hier eine Erhöhung des Grenzwinkels. Geschosse, die in diesem Bereich noch rikoschettierten, besaßen ebenfalls eine größere Restenergie als Geschosse, die im Grenzwinkelbereich des ungefrorenen Bodens abprallten.

## **Brenneke**

Auch beim Flintenlaufgeschöß bewirkte ein Gefrieren des Bodens eine Erhöhung des Grenzwinkels. Geschosse, die in diesem Grenzwinkelbereich noch rikoschettierten, besaßen ebenso eine geringere Restenergie als Geschosse, die im Grenzwinkelbereich des ungefrorenen Bodens abprallten. Diese Restenergie lag unter 7 Joule. Letztendlich besaßen die beiden abgeprallten Büchsen Geschosse demnach auch im Grenzwinkel noch eine relativ große Restenergie (niedrigster Wert ca. 277 J). Lediglich das Flintenlaufgeschöß wurde im Grenzwinkelbereich derart stark abgebremst, daß die Restenergie unter 7 Joule lag.

## **Vergleich der Büchsen Geschosse im Grenzwinkelbereich**

### **Ungefrorener Boden**

Einhergehend mit dem Vorhandensein unterschiedlicher Grenzwinkel von Bionic Black ( $6^\circ$ ) und Oryx ( $3,5^\circ$ ) kam es dazu, daß sich die Restenergien beider Geschosse voneinander unterschieden. Das mit einem Auftreffwinkel von  $6^\circ$  abgeprallte Geschöß Bionic Black besaß noch 33,74



% der ursprünglichen  $E_{100}$  (971,75 J), während das mit 3,5° aufgeschlagene Geschöß Oryx noch 13,98 % der ursprünglichen  $E_{100}$  (426,24 J) besaß.

Das bleifreie Geschöß besaß im Grenzwinkelbereich also eine prozentual gesehen höhere Restenergie als das bleihaltige Geschöß.

### **Gefrorener Boden**

Auch hier resultierte - einhergehend mit dem Vorhandensein unterschiedlicher Grenzwinkel von Bionic Black (15°) und Oryx (5°), daß sich die Restenergien beider Geschosse voneinander unterschieden. Das mit einem Auftreffwinkel von 15° abgeprallte Geschöß Bionic Black besaß noch 9,62 % der ursprünglichen  $E_{100}$  (276,97 J) während das mit 5° aufgeschlagene Geschöß Oryx noch 30,96 % der ursprünglichen  $E_{100}$  (943,53 J) besaß. Das bleifreie Geschöß besaß im Grenzwinkelbereich also eine prozentual gesehen niedrigere Restenergie als das bleihaltige Geschöß.

Letztendlich besaßen sowohl bleifreies als auch bleihaltiges Büchsen Geschöß nach Abprallen von beiden Bodenarten auch im Grenzwinkel eine relativ große Restenergie.

### **Beurteilung**

Die Ergebnisse der Untersuchungen der Büchsen Geschosse sprechen in gewisser Weise mit den von Kneubuehl [40] untersuchten Abprallvorgängen einiger Kurzwaffengeschosse überein. Darin wird beschrieben, daß alle Prellschüsse der geprüften Geschosse (bis teilweise auf Kaliber .22 lr) unabhängig von Prellmedium und Auftreffwinkel dazu

in der Lage waren, Schäden oder bleibende Schäden am menschlichen Körper zu hinterlassen. Dies trifft für sämtliche in dieser Arbeit untersuchten Prellschüsse der Büchsen- und Handfeuerwaffen sowie für das unter flachen Auftreffwinkeln ( $5^\circ$ ) rikoschettierte Flintenlaufgeschöß zu. Lediglich im Bereich des Grenzwinkels wies dieses nicht mehr genug Restenergie auf, um als ernsthaft gefährdend angesehen werden zu können (Restenergie  $< 7$  Joule).

In allen anderen Situationen wiesen die Geschosse nach Abprallen hingegen noch hohe Restenergien auf. Selbst der niedrigste, bei einem Schuß im Grenzwinkelbereich des Geschosses Bionic Black gemessene Wert betrug immerhin noch ca. 277 J.

Allen Geschossen (bis auf das im Grenzwinkelbereich rikoschettierte Flintenlaufgeschöß) ist damit eine noch ausreichend große Restenergie zuzurechnen, die zu gravierenden Schäden bzw. tödlichen Verletzungen am menschlichen Körper führen könnte. Die abgeprallten Geschosse wiesen in den meisten Fällen also ein sehr großes Gefährdungspotential auf.

#### **4.6 Sonstiges**

Das Vorkommen der u.a. durch Haag [22] und Kneubuehl [33] beschriebenen durch destabilisierte Geschosse bedingten atypischen Eintrittsverletzungen konnte durch die durchgeführten Schußversuche bestätigt werden. So kam es insbesondere bei Schüssen mit dem sich meist sehr stark und oft zu flachen Streifen deformierten Geschöß Oryx (siehe Abb. 59) zu teilweise schlitzförmigen, messerstichartigen Eintrittspforten in die ballistische Seife.

#### 4.7 Rückschlüsse auf Jagdunfälle

Die durchgeführten Schußversuche belegen, daß sich die Vorgänge, die im Zusammenhang mit dem Abprallen eines Geschosses von einem Prellmedium wie Ackerboden stehen, trotz der vielen bereits vorhandenen Erkenntnisse und Theorien in diesem Bereich, in den meisten Situationen der jagdlichen Realität weiterhin nicht eindeutig und zweifelsfrei vorhersagen lassen. Eine exakte Vorhersage, z.B. zu einem zu erwartenden Abprallwinkel, dem Geschoszustand oder der Geschosswirkung läßt sich mangels einer klar definierbaren Regelmäßigkeit oder Gesetzmäßigkeit nicht treffen, da das Prellmedium Ackerboden trotz der in dieser Arbeit durchgeführten Standardisierung immer noch relativ inhomogen bleibt.

Eine besondere Relevanz hat dieser Aspekt für die forensische Rekonstruktion von Jagdunfällen: diese wird hierdurch deutlich erschwert, wenn nicht gar unmöglich gemacht. So läßt sich beispielsweise die mitunter auftauchende Fragestellung, unter welchem Schußwinkel zum Prellmedium ein Geschosß ursprünglich aufgetroffen sein muß, nicht mit letzter Sicherheit beantworten. Auch eindeutige Rückschlüsse beispielsweise von der Restmasse oder dem Verformungsgrad eines Geschosses auf einen ursprünglichen Auftreffwinkel lassen sich in den meisten Fällen aufgrund der teilweise deutlich variierenden bzw. ab bestimmten Auftreffwinkeln teilweise nahezu identischen Restmassewerte bzw. Verformungen nicht ziehen.

Es ließe sich anhand der durchgeführten Versuche mit den Büchsen geschossen beispielsweise lediglich in einigen Fällen abschätzen, wie groß ein Auftreffwinkel, der nicht zu einer völligen Deformation eines Geschosses bei dessen Abprallvorgang geführt hat, maximal gewesen sein

könnte. So ließe sich z.B. anhand der Schüsse mit dem Geschöß Bionic Black auf den gefrorenen Boden annehmen, daß ein Geschöß mit nahezu vollständig erhaltener Restmasse höchstwahrscheinlich mit einem ursprünglichen Auftreffwinkel von etwa  $2^{\circ}$  -  $5^{\circ}$  abgeprallt sein müßte. Bei größeren Auftreffwinkeln wies das Geschöß bereits deutlich größere Deformationen bzw. Restmasseverluste durch Auseinanderbrechen auf, so daß ein Auftreffwinkel von maximal etwa  $5^{\circ}$  in gewisser Weise als Grenzbereich zu einer stärkeren Deformation gesehen werden kann.

Schußversuche, wie sie z.B. in dieser Arbeit durchgeführt wurden, ermöglichen also lediglich eine gewisse Orientierung. Eine eindeutige, allgemeingültige Vorhersage - insbesondere für andere Geschosse oder Kaliber, genau genommen auch für andere Mündungsgeschwindigkeiten - verbietet sich. Eine fallbezogene, detailgetreue ballistische und kriminaltechnische Rekonstruktion kann hierdurch nicht ersetzt werden.

## 5 Zusammenfassung

Vom Boden abgeprallte Geschosse und Geschoßsplitter führen im Rahmen der Jagdausübung regelmäßig zu unvorhersehbaren Verletzungen und Todesfällen. In diesem Zusammenhang werden vor allem die Verwendung verschiedener Konstruktionsarten von Büchsengeschossen sowie des Flintenlaufgeschosses diskutiert.

Die vorliegende Arbeit untersucht das Abprallverhalten und Gefährdungspotential solcher vom Ackerboden rikoschettierten Jagdgeschosse. Hierbei wurde insbesondere der Bereich des jeweiligen sog. Grenzwinkels untersucht, bei dem die Projektile gerade noch abgelenkt werden und nicht in das Erdreich eindringen. Ferner wurde mittels des Beschusses von Blöcken aus ballistischer Seife eruiert, welches Gefährdungspotential einzelne abgeprallte Geschosse besitzen.

Dazu wurden mit Erde gefüllte Holzkisten in ungefrorenem und gefrorenem Zustand mit den Büchsengeschossen „Bionic Black“ (RWS, bleifrei, 34 Schüsse) und „Oryx“ (Norma, bleihaltig, 21 Schüsse) des Kalibers .30-06 beschossen. In einer weiteren Versuchsreihe wurde unter gleichen Bedingungen das Abprallverhalten der Flintenlaufgeschosse „Brenneke Original“ (RWS, 21 Schüsse) des Kalibers 12 untersucht. Die Büchsengeschosse wurden auf ihre vom Hersteller vorgegebene  $V_{100}$ , die Flintenlaufgeschosse auf die entsprechende  $V_{20}$  laboriert, wobei der jeweilige Schußabstand 10 m betrug und die Schußwinkel zwischen 2 und 35° lagen.

Es zeigte sich, daß die Abprallwinkel der Büchsengeschosse in allen Fällen erheblich variierten. Dennoch wiesen diese im Bereich flacher

Auftreffwinkel ( $2^\circ$ ) bei Beschuß des ungefrorenen Bodens in den meisten Fällen größere Werte auf als bei Beschuß des gefrorenen Bodens.

Der Grenzwinkel für Abpraller lag bei Beschuß der ungefrorenen Erde bei den Büchsen geschossen bei  $3,5^\circ$  (Oryx) bzw.  $6^\circ$  (Bionic Black), bei den Flintengeschossen bei  $25^\circ$  (Brenneke Original). Bei Beschuß der gefrorenen Erde kam es ab einem Auftreffwinkel von  $5^\circ$  (Oryx) bzw.  $15^\circ$  (Bionic Black) regelmäßig nicht mehr zu einem Abprallen der Geschosse. Das Flintenlaufgeschöß (Brenneke Original) steckte regelmäßig erst ab  $35^\circ$  im gefrorenen Boden.

Ein Gefrieren des Ackerbodens bewirkte in allen Fällen eine Erhöhung des Grenzwinkels. Für alle getesteten Geschosse würden bei einer Schußentfernung von 100 m (Büchsen geschosse), sowie bei 20 m (Flintenlaufgeschöß) sowohl bei ungefrorenem als auch bei gefrorenem Boden unrealistisch große, für einen Steckschuß notwendige Höhen entsprechender Jagdeinrichtungen resultieren. Bei einer theoretischen Schußentfernung von 50 m würden für das Geschöß Oryx, sowie für das Geschöß Bionic Black (bei Beschuß von ungefrorenem Boden) Steckschüsse von üblichen Jagdeinrichtungen aus (bei einer angenommenen Höhe von bis zu 5 m) jedoch durchaus möglich sein.

Die Restmassewerte der abgeprallten Geschosse verhielten sich sehr unterschiedlich. Im Falle des Geschosses Bionic Black ergab sich ab einem gewissen Auftreffwinkel ein relativ konstanter Wert. Bei dem Geschoss Oryx und dem Flintenlaufgeschosses Brenneke schwankten diese Werte hingegen erheblich. So ergab sich, daß das bleifreie Bionic Black in den meisten vergleichbaren Fällen eine prozentual gesehen größere Restmasse aufwies als das bleihaltige Oryx. In Bezug auf die Geschößdeformation ließ sich feststellen, daß der relativ weiche ungefrorene Boden auf die

Büchsenpatrone scheinbar einen größeren Einfluß ausübte als der gefrorene Boden - im Falle des Flintenlaufgeschosses bewirkte scheinbar jedoch der gefrorene Boden größere Deformationen.

Die durch die abgeprallten Geschosse entstandenen Schußkanäle ähnelten sich stark. Die größte Energieabgabe fand jeweils innerhalb der ersten Zentimeter statt, danach fielen die Energiewerte ab.

Im Falle flacher Auftreffwinkel besaßen das Flintenlaufgeschloß ( $5^\circ$ ) und das bleihaltige Geschloß Oryx ( $2^\circ$ ) nach Abprallen von gefrorenem Boden eine geringere Restenergie als nach Abprallen von ungefrorenem Boden. Beim bleifreien Geschloß Bionic Black hingegen hatte ein Gefrieren des Bodens keinen sichtlichen Einfluß auf die Restenergie des Geschosses nach Abprallen. Die bleifreien Geschosse deformierten bei Auftreffwinkeln, die größer als  $5^\circ$  waren, im Gegensatz zum bleihaltigen Geschloß und dem Flintenlaufgeschloß nicht wie erwartet, sondern brachen regelmäßig auseinander.

Alle bei flachem Auftreffwinkel abgeprallten Geschosse (niedrigster Wert ca. 1000 J) besaßen noch eine ausreichend große Restenergie, um beim Menschen schwerste Schäden bis hin zu tödlichen Verletzungen zu bewirken. Auch im Grenzwinkelbereich abgeprallte Geschosse besaßen hierfür eine noch ausreichend große Restenergie (niedrigster Wert ca. 277 J) - mit Ausnahme des Flintenlaufgeschosses, welches im Grenzwinkelbereich eine Restenergie von weniger als 7 Joule besaß und somit als nicht mehr ernsthaft gefährdend angesehen werden konnte.

Die Versuche belegten, daß sich die verschiedenen Geschosse in Bezug auf das Abprallverhalten vom Ackerboden und die resultierende Gefährdung sehr unterschiedlich verhielten. Eine allgemeingültige Aussage oder Gesetzmäßigkeit ließ sich nicht formulieren.

## **6 Anhang**

### **6.1 Literaturverzeichnis**

1. Amtsgericht der Stadt Pößneck: Urteil vom 26.10.2009.  
Akteneinsicht, (2009)
2. Bayerisches Landeskriminalamt, Sachgebiet 207 (Waffentechnik):  
Eigene Notiz. (2009)
3. Bayerisches Landeskriminalamt, Sachgebiet 207 (Waffentechnik):  
Jagdunfall aus dem Jahre 1996. Akteneinsicht,
4. Bayerisches Landeskriminalamt, Sachgebiet 207 (Waffentechnik):  
Jagdunfall aus dem Jahre 2003. Akteneinsicht,
5. Bayerisches Landeskriminalamt, Sachgebiet 207 (Waffentechnik):  
Jagdunfall aus dem Jahre 2008. Akteneinsicht,
6. Bir, C. A.; Steward, S. J.; Wilhelm, M.: Skin penetration  
assessment of less lethal kinetic energy munitions. Journal of  
Forensic Science, 50 (6): p. 1426-1429 (2005)
7. Breitkopf, T.; Voogt, G.: Verbot von Bleimunition - Jäger in NRW  
laufen Sturm. RP Online GmbH, (2012) <http://www.rp-online.de/politik/nrw/jaeger-in-nrw-laufen-sturm-1.2976148>
8. Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit  
(BVL): Berichte zur Lebensmittelsicherheit (Lebensmittel-  
Monitoring). p. 22 (2007)  
[http://www.bvl.bund.de/SharedDocs/Downloads/01\\_Lebensmittel/  
01\\_lm\\_mon\\_dokumente/01\\_Monitoring\\_Berichte/archiv/lm\\_monit  
oring\\_bericht\\_2007.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=5](http://www.bvl.bund.de/SharedDocs/Downloads/01_Lebensmittel/01_lm_mon_dokumente/01_Monitoring_Berichte/archiv/lm_monitoring_bericht_2007.pdf?__blob=publicationFile&v=5)
9. Bundesforstbetrieb Reußenberg, H., Bayern: Persönliche Notiz.  
(2012)



10. Burke, T. W.; Rowe, W. F.: Bullet ricochet: a comprehensive review. *Journal of Forensic Science*, 37 (5): p. 1254-1260 (1992)
11. Curtze, H. G.: Die Jagdhaftpflichtversicherung im Spiegel der Statistik. *Wild und Hund*, 9: p. 39-43 (1983)
12. Deutscher Jagdschutzverband: Daten und Fakten. (2011)  
<http://www.jagd-online.de/datenfakten/>
13. Deutscher Landwirtschaftsverlag: Forst wird "bleifrei". (2012)  
<http://www.jagderleben.de/schleswig-holstein-landesforsten-bleifrei>
14. Deutscher Landwirtschaftsverlag (S/V): Landesforsten heben Bleifrei-Verbot auf. (2011)  
<http://www.jagderleben.de/brandenburg-bleifrei>
15. Deutscher Landwirtschaftsverlag (Sascha Numßen): Wissensbasierte Entscheidung angestrebt. *PIRSCH 20* (2012)  
<http://www.jagderleben.de/interview-bleifreie-munition>
16. Deutscher Landwirtschaftsverlag (SE): Saar-Forst schießt demnächst bleifrei. (2011) <http://www.jagderleben.de/saarforst-bleifrei>
17. Di Maio, V. J. M., et al.: Minimal Velocities Necessary for Perforation of Skin by Air Gun Pellets and Bullets. *Journal of Forensic Science*, 27: p. 894-898 (1982)
18. Duderstadt, H.: Hochsitzbau - Ein Sitz für alle Fälle. *Deutsche Jagdzeitung*, <http://www.djz.de/447,321/>
19. Frankonia Handels GmbH & Co.KG: Munition. Jahreskatalog 2012/2013: (2012)

20. Frankonia Handels GmbH & Co.KG: Sitzstöcke. Jahreskatalog 2012/2013: p. 436 f. (2012)
21. Gothaer Allgemeine Versicherung AG (Spezialversicherungen/Servicebereich Jagd), G.: Eigene Notiz. Akteneinsicht, (2010)
22. Haag, L. C.: Wound Production by Ricocheted and Destabilized Bullets. American Journal of Forensic Medicine and Pathology, 28: p. 4-12 (2007)
23. Hartwig, D.: Schußtodesfälle im Zusammenhang mit der Jagd. Zeitschrift für Jagdwissenschaft, 46: p. 96-109 (2000)
24. Haus der Bayerischen Geschichte: Prinzregent Luitpold.  
[http://www.hdbg.eu/koenigreich/web/index.php/objekte/index/herrscher\\_id/6/id/1098](http://www.hdbg.eu/koenigreich/web/index.php/objekte/index/herrscher_id/6/id/1098)
25. Hueske, E. E.: Bullet Ricochet Phenomena. Practical analysis and reconstruction of shooting incidents. CRC Press. Boca Raton, (2006)
26. Institut für Rechtsmedizin der Universität München: Durchsicht der Sektionsbücher der Jahre 1989 - 2009. (2010)
27. Kalchreuter, H.: Die Sache mit der Jagd: Perspektiven für die Zukunft des Waidwerks. Kosmos Verlag: p. 109, 112 (2009)
28. Karger, B.; Joosten, U.: A case of "boomerang" bullet ricochet. International Journal of Legal Medicine, 115(2): p. 70-1 (2001)
29. Karger, B., et al.: Firearm fatalities and injuries from hunting accidents in Germany. International Journal of Legal Medicine, 108: p. 252-255 (1996)

30. Kitza, K.; Schmidt, U.: Untersuchungen zum Abprallverhalten von Flintenlaufgeschossen (Schönebecker Produktion) an den Medien Beton und Sand. Humboldt-Universität zu Berlin: p. 54-66 (1991)
31. Klups, N.: Frei von Blei. Deutsche Jagdzeitung, 5: p. 84-91 (2012)
32. Kneubuehl, B.: Das Abprallen von Geschossen aus forensischer Sicht. Universität Lausanne: p. 64 (1999)
33. Kneubuehl, B.: Das Abprallen von Geschossen aus forensischer Sicht. Universität Lausanne: p. 119 ff. (1999)
34. Kneubuehl, B.: Geschosßablenkung Teil 1. Deutsches Waffen-Journal 2-12 (2006)
35. Kneubuehl, B.: Geschosßablenkung Teil 3. Deutsches Waffen-Journal (2006)
36. Kneubuehl, B.: Geschosßablenkung Teil 4. Deutsches Waffen-Journal 2-12 (2006)
37. Kneubuehl, B.: Geschosßablenkung Teil 6. Deutsches Waffen-Journal 2-12 (2006)
38. Kneubuehl, B.: Geschosse - Ballistik, Wirksamkeit, Meßtechnik. Verlag Stocker Schmid, Motorbuch Verlag, 5 - Geschosßkonzepte: p. 89 ff. (2004)
39. Kneubuehl, B.: k-analyzer. (2002)  
<http://www.kneubuehl.com/k-analyzer.html>
40. Kneubuehl, B.: Untersuchungen zum Abprallverhalten von Kurzwaffengeschossen. p. 23 f. (1999)
41. Kneubuehl, B.: Vergleich der Gefährdung durch abgeprallte bleihaltige und bleifreie Jagdgeschosse. Bundesamt für

- Landwirtschaft und Ernährung / Deutsche Versuchs- und Prüf-Anstalt für Jagd- und Sportwaffen e.V.: p. 3 (2011)
42. Kneubuehl, B.: Vergleich der Gefährdung durch abgeprallte bleihaltige und bleifreie Jagdgeschosse. Bundesamt für Landwirtschaft und Ernährung / Deutsche Versuchs- und Prüf-Anstalt für Jagd- und Sportwaffen e.V.: p. 19 (2011)
43. Kneubuehl, B.: Wundballistik – Grundlagen und Anwendungen. Springer Verlag, Kapitel 2 - Grundlagen: p. 69-70 (2008)
44. Kneubuehl, B.: Wundballistik – Grundlagen und Anwendungen. Springer Verlag, Kapitel 2 - Grundlagen: p. 78 f. (2008)
45. Kneubuehl, B.: Wundballistik – Grundlagen und Anwendungen. Springer Verlag, Kapitel 3 - Allgemeine Wundballistik: p. 91, 100, 117 (2008)
46. Kneubuehl, B.: Wundballistik – Grundlagen und Anwendungen. Springer Verlag, Kapitel 3 - Allgemeine Wundballistik: p. 143-158 (2008)
47. Kneubuehl, B.: Wundballistik – Grundlagen und Anwendungen. Springer Verlag, Kapitel 4 - Wundballistik der Geschosse und Splitter: p. 171 ff. (2008)
48. Kneubuehl, B.: Wundballistik – Grundlagen und Anwendungen. Springer Verlag, Kapitel 4 - Wundballistik der Geschosse und Splitter: p. 240 ff. (2008)
49. Krebs, H.: Vor und nach der Jägerprüfung. BLV Verlag: p. 537, 540 (2001)
50. Krebs, H.: Vor und nach der Jägerprüfung. BLV Verlag: p. 539, 550 (2001)

51. Krebs, H.: Vor und nach der Jägerprüfung. BLV Verlag: p. 541, 546, 547 (2001)
52. Landesjagdverband Nordrhein-Westfalen e.V.: DJV: Keine Schnellschüsse bei der Entscheidung um bleifreie Munition! (2012)  
[http://www.ljv-nrw.de/ljv/1.0/kk\\_templates/show.php?sel\\_metarubrik=1&sel\\_rubrik=1&sel\\_subrubrik=2922&sel\\_artikel=12216&stop\\_rewrite](http://www.ljv-nrw.de/ljv/1.0/kk_templates/show.php?sel_metarubrik=1&sel_rubrik=1&sel_subrubrik=2922&sel_artikel=12216&stop_rewrite)
53. Landesverwaltungsamt Sachsen-Anhalt, R. F.-u. J.-o. J.-v.: Verfügung (2009)
54. Langmaack, T.: Hochsitze, Kanzeln & Leitern.  
<http://langmaack.com/hochsitz.html>
55. Mattoo, B. N.; Wani, A. K.; Asgekar, M. D.: Casualty criteria for wounds from firearms with special reference to shot penetration. Journal of Forensic Sciences, 19 (3): p. 585-9 (1974)
56. Ministerium für Landwirtschaft, U. u. V.: Verordnung zur Änderung der Jagdzeiten, zur Aufhebung von Schonzeiten und zum Erlaß sachlicher Verbote (Jagdzeitenverordnung M-V). (2008)
57. Molina, D. K.; Rulon, J. J.; Wallace, E. I.: The atypical entrance wound: differential diagnosis and discussion of an unusual cause. American Journal of Forensic Medicine and Pathology, 33(3): p. 250-2 (2012)
58. Naturschutzbund Deutschland (NABU) - Landesverband Berlin: NABU mahnt zu Vorsicht bei Wildfleisch-Verzehr. (2009)  
<http://berlin.nabu.de/oekologischleben/essenundtrinken/10579.html>

59. Naturschutzbund Deutschland (NABU) - Landesverband Brandenburg e.V.: NABU fordert landesweites Verbot von Bleimunition. (2011)  
<http://brandenburg.nabu.de/artenschutz/vogelschutz/wissen/bleimunition/14449.html>
60. Norma:Oryx.  
<http://ballistics.norma.cc/content.asp?Typ=47&Lang=3&DocumentID=120&Submeny=2&Rubrik=Geschosse&Title=Norma Oryx>
61. Osirix: Viewer Version 3.8.1.  
(2010) <http://www.osirix-viewer.com>
62. Paetec: Formeln und Tabellen für die Sekundarstufen I und II. Gesellschaft für Bildung und Technik: p. 35 (2001)
63. Rosenberger, M.: Jagdgeschosse – Aufbau, Zielverhalten, Verwendung. Motorbuch Verlag: p. 50 f. (2007)
64. Rosenberger, M.: Jagdgeschosse – Aufbau, Zielverhalten, Verwendung. Motorbuch Verlag: p. 76 (2007)
65. Rosenberger, M.: Jagdgeschosse – Aufbau, Zielverhalten, Verwendung. Motorbuch Verlag: p. 76, 139 (2007)
66. Rosenberger, M.: Jagdgeschosse – Aufbau, Zielverhalten, Verwendung. Motorbuch Verlag: p. 147 f. (2007)
67. Rosenberger, M.: Jagdgeschosse – Aufbau, Zielverhalten, Verwendung. Motorbuch Verlag: p. 158 (2007)
68. Rosenberger, M.: Jagdgeschosse – Aufbau, Zielverhalten, Verwendung. Motorbuch Verlag: p. 172 f. (2007)
69. Rosenberger, M.: Jagdgeschosse – Aufbau, Zielverhalten, Verwendung. Motorbuch Verlag: p. 197 f. (2007)

70. RWS: Bionic Black.  
<http://www.rws-munition.de/produkte/buechsenpatronen/geschosse/bionic-black.html>
71. RWS: Brenneke.  
<http://www.rws-munition.de/de/produktansicht/artikel/rottweil-brenneke-classic-12675.html>
72. Schmidt, R.: Geschoßablenkung durch Beton und Sand. Universität Bonn, (1978)
73. Sellier, K.: Über Geschoßablenkung und Geschoßdeformation, Eine Übersicht. Zeitschrift für Rechtsmedizin, 69: p. 217-251 (1971)
74. Sellier, K.: Verletzungsmöglichkeiten von Geschossen, die an Sand abgeprallt sind. Zeitschrift für Rechtsmedizin, 78: p. 149-158 (1976)
75. Stinglwagner, G. K. F.; Haseder, I. E.: Das Große Kosmos Jagdlexikon: Wiederladen. p. 739 f. (2004)
76. Vellema, J.; Scholtz, H. J.: Forensic Aspects of Ballistic Injury. Mahoney PF, Ryan J, Brooks A, Schwab CW. Ballistic Trauma. Second Edition.: p. 91-121 (2005)
77. WaffG: Anlage 1 (zu § 1 Abs. 4) Begriffsbestimmungen, Abschnitt 1. Waffen- und munitionstechnische Begriffe, Einstufung von Gegenständen, U 1. Schusswaffen, 2.6.
78. Wiese, M.: Handbuch Jagd. Deutscher Jagdschutzverband, (2000)
79. Wissmann, F.: Multifaktorielle Analyse von Schußverletzungen durch Jagdwaffen. Eigenverlag: p. 88, 105 , 136 (1994)
80. Wissmann, F.: Multifaktorielle Analyse von Schußverletzungen durch Jagdwaffen. Eigenverlag: p. 117, 137 (1994)

## **6.2 Verzeichnis der verwendeten Abbildungen**

- Abb. 1 [http://www.billerantik.de/gallery2/main.php/d/31477-1/590\\_Luitpold\\_Defregger.jpg](http://www.billerantik.de/gallery2/main.php/d/31477-1/590_Luitpold_Defregger.jpg)
- Abb. 2 Bayerisches Landeskriminalamt, Sachgebiet 207 (Waffentechnik)
- Abb. 3 Bayerisches Landeskriminalamt, Sachgebiet 207 (Waffentechnik)
- Abb. 4 Bayerisches Landeskriminalamt, Sachgebiet 207 (Waffentechnik)
- Abb. 5 Bayerisches Landeskriminalamt, Sachgebiet 207 (Waffentechnik)
- Abb. 6 Bayerisches Landeskriminalamt, Sachgebiet 207 (Waffentechnik)
- Abb. 7 Bayerisches Landeskriminalamt, Sachgebiet 207 (Waffentechnik)
- Abb. 8 Bayerisches Landeskriminalamt, Sachgebiet 207 (Waffentechnik)
- Abb. 9 Bayerisches Landeskriminalamt, Sachgebiet 207 (Waffentechnik)
- Abb. 10 Bayerisches Landeskriminalamt, Sachgebiet 207 (Waffentechnik)
- Abb. 11 Bayerisches Landeskriminalamt, Sachgebiet 207 (Waffentechnik) / Staatsanwaltschaft Gera
- Abb. 12 Bayerisches Landeskriminalamt, Sachgebiet 207 (Waffentechnik) / Staatsanwaltschaft Gera



- Abb. 13 Bayerisches Landeskriminalamt, Sachgebiet 207  
(Waffentechnik) / Staatsanwaltschaft Gera
- Abb. 14 Bayerisches Landeskriminalamt, Sachgebiet 207  
(Waffentechnik) / Staatsanwaltschaft Gera
- Abb. 15 Bayerisches Landeskriminalamt, Sachgebiet 207  
(Waffentechnik) / Staatsanwaltschaft Gera
- Abb. 16 Bayerisches Landeskriminalamt, Sachgebiet 207  
(Waffentechnik)/ Staatsanwaltschaft Gera
- Abb. 17 Wikipedia  
<http://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Bockbüchsfinte.jpg>
- Abb. 18 Rosenberger, M.: Jagdgeschosse - Aufbau, Zielverhalten,  
Verwendung; Motorbuch Verlag: p. 147, 172 (2007)
- Abb. 19 Rosenberger, M.: Jagdgeschosse - Aufbau,  
Zielverhalten,Verwendung; Motorbuch Verlag: p. 51  
(2007)
- Abb. 20 Rosenberger, M.: Jagdgeschosse - Aufbau, Zielverhalten,  
Verwendung; Motorbuch Verlag: p. 195 (2007)
- Abb. 21 Kneubuehl, B.: Wundballistik - Grundlagen und  
Anwendungen. Springer Verlag, Kapitel 2 - Grundlagen:  
p. 79 (2008)
- Abb. 22 Kneubuehl, B.: Geschoßablenkung Teil 1. Deutsches  
Waffen-Journal 2-12 (2006)
- Abb. 23 Kneubuehl, B.: Geschoßablenkung Teil 1. Deutsches  
Waffen-Journal 2-12 (2006)
- Abb. 24 Kneubuehl, B.: Geschoßablenkung Teil 3. Deutsches  
Waffen-Journal 2-12 (2006)

- Abb. 25 Kneubuehl, B.: Geschoßablenkung Teil 4. Deutsches Waffens-Journal 2-12 (2006)
- Abb. 26 Möller, L. ; Die bleierne Sippe  
<http://lutz-moeller-jagd.de/Munition/Bleierne-Sippe.html>
- Abb. 27 Kneubuehl, B.: Wundballistik - Grundlagen und Anwendungen. Springer Verlag, Kapitel 3 - Allgemeine Wundballistik: p. 106 (2008)
- Abb. 28 Kneubuehl, B.: Wundballistik – Grundlagen und Anwendungen. Springer Verlag, Kapitel 4 - Wundballistik der Geschosse und Splitter: p. 241 (2008)
- Abb. 29 Kneubuehl, B.: Wundballistik - Grundlagen und Anwendungen. Springer Verlag, Kapitel 4 - Wundballistik der Geschosse und Splitter: p. 244 (2008)
- Abb. 30 Eigene Aufnahme (Ort: Beschußkeller Beschußamt München)
- Abb. 31 Eigene Aufnahme (Ort: Beschußkeller Beschußamt München)
- Abb. 32 RWS  
[http://www.rws-](http://www.rws-munition.de/produkte/buechsenpatronen/geschosse/bionic-black.html)  
[munition.de/produkte/buechsenpatronen/geschosse/bionic-](http://www.rws-munition.de/produkte/buechsenpatronen/geschosse/bionic-black.html)  
[black.html](http://www.rws-munition.de/produkte/buechsenpatronen/geschosse/bionic-black.html)
- Abb. 33 RWS  
[http://www.rws-munition.de/produkte/](http://www.rws-munition.de/produkte/buechsenpatronen/geschosse/bionic-black.html)  
[buechsenpatronen/geschosse/bionic-black.html](http://www.rws-munition.de/produkte/buechsenpatronen/geschosse/bionic-black.html)

Abb. 34 Norma  
<http://ballistics.norma.cc/content.asp?Typ=47&Lang=3&DocumentID=120&Submeny=2&Rubrik=Geschosse&Title=Norma%20Oryx>

Abb. 35 Norma  
<http://ballistics.norma.cc/content.asp?Typ=47&Lang=3&DocumentID=120&Submeny=2&Rubrik=Geschosse&Title=Norma%20Oryx>

Abb. 36 RWS  
<http://www.rws-munition.de/de/produktansicht/artikel/rottweil-brenneke-classic-12675.html>

Abb. 37 Rosenberger, M.: Jagdgeschosse – Aufbau, Zielverhalten, Verwendung; Motorbuch Verlag: p. 198 (2007)

Abb. 38 Eigene Aufnahme  
(Ort: Beschußkeller Beschußamt München)

Abb. 39 Eigene Aufnahme  
(Ort: Beschußkeller Beschußamt München)

Abb. 40 Eigene Aufnahme  
(Ort: Beschußkeller Beschußamt München)

Abb. 41 Eigene Aufnahme  
(Ort: Beschußkeller Beschußamt München)

Abb. 42 Müller-Holz Produkt u. Handel GmbH  
<http://www.profihochsitze.de/contents/media/jagdliche%20einrichtungen%201986%20schnelle%20e-mail-ansicht.jpg>

Abb. 43 Eigene Aufnahme

- (Ort: Beschußkeller Beschußamt München)
- Abb. 44 Eigene Aufnahme  
(Ort: Beschußkeller Beschußamt München)
- Abb. 45 Eigene Aufnahme, Osirix V.3.9. 32-bit
- Abb. 46 Eigene Aufnahme, Osirix V.3.9. 32-bit
- Abb. 47 Auswertung, k-analyzer  
Kneubuehl, B.: *k-analyzer*. (2002)  
<http://www.kneubuehl.com/k-analyzer.html>
- Abb. 48 Auswertung, k-analyzer  
Kneubuehl, B.: *k-analyzer*. (2002)  
<http://www.kneubuehl.com/k-analyzer.html>
- Abb. 49 Eigene Aufnahme  
(Ort: Beschußkeller Beschußamt München)
- Abb. 50 Bayerisches Landeskriminalamt, Sachgebiet 207  
(Waffentechnik), Aufnahme mit der  
Hochgeschwindigkeitskamera  
(Ort: Beschußkeller Beschußamt München)
- Abb. 51 Eigene Aufnahme  
(Ort: Beschußkeller Beschußamt München)
- Abb. 52 Eigene Aufnahme  
(Ort: Beschußkeller Beschußamt München)
- Abb. 53 Eigene Aufnahme (Verhoff, D.)
- Abb. 54 Eigene Aufnahme (Verhoff, D.)
- Abb. 55 Auswertung, k-analyzer  
Kneubuehl, B.: *k-analyzer*. (2002)  
<http://www.kneubuehl.com/k-analyzer.html>

- Abb. 56      Auswertung, k-analyzer  
Kneubuehl, B.: *k-analyzer*. (2002)  
<http://www.kneubuehl.com/k-analyzer.html>
- Abb. 57      Auswertung, k-analyzer  
Kneubuehl, B.: *k-analyzer*. (2002)  
<http://www.kneubuehl.com/k-analyzer.html>
- Abb. 58      Auswertung, k-analyzer  
Kneubuehl, B.: *k-analyzer*. (2002)  
<http://www.kneubuehl.com/k-analyzer.html>
- Abb. 59      Eigene Aufnahme (Verhoff, D.)
- Abb. 60      Eigene Aufnahme (Verhoff, D.)
- Abb. 61      Auswertung, k-analyzer  
Kneubuehl, B.: *k-analyzer*. (2002)  
<http://www.kneubuehl.com/k-analyzer.html>
- Abb. 62      Auswertung, k-analyzer  
Kneubuehl, B.: *k-analyzer*. (2002)  
<http://www.kneubuehl.com/k-analyzer.html>
- Abb. 63      Auswertung, k-analyzer  
Kneubuehl, B.: *k-analyzer*. (2002)  
<http://www.kneubuehl.com/k-analyzer.html>
- Abb. 64      Auswertung, k-analyzer  
Kneubuehl, B.: *k-analyzer*. (2002)  
<http://www.kneubuehl.com/k-analyzer.html>
- Abb. 65      Auswertung, Microsoft Excel  
(Mac, OS X 10.7.5 Lion)
- Abb. 66      Auswertung, Microsoft Excel

- (Mac, OS X 10.7.5 Lion)
- Abb. 67      Auswertung, Microsoft Excel  
(Mac, OS X 10.7.5 Lion)
- Abb. 68      Auswertung, Microsoft Excel  
(Mac, OS X 10.7.5 LiOn)
- Abb. 69      Auswertung, Microsoft Excel  
(Mac, OS X 10.7.5 Lion)
- Abb. 70      Auswertung, Microsoft Excel  
(Mac, OS X 10.7.5 Lion)
- Abb. 71      Auswertung, Microsoft Excel  
(Mac, OS X 10.7.5 Lion)
- Abb. 72      Auswertung, Microsoft Excel  
(Mac, OS X 10.7.5 Lion)
- Abb. 73      Auswertung, Microsoft Excel  
(Mac, OS X 10.7.5 Lion)
- Abb. 74      Auswertung, Microsoft Excel  
(Mac, OS X 10.7.5 Lion)
- Abb. 75      Auswertung, Microsoft Excel  
(Mac, OS X 10.7.5 Lion)
- Abb. 76      Auswertung, Microsoft Excel  
(Mac, OS X 10.7.5 Lion)
- Abb. 77      Eigene Aufnahme (Verhoff, D.)
- Abb. 78      Eigene Aufnahme (Verhoff, D.)
- Abb. 79      Auswertung, k-analyzer  
Kneubuehl, B.: *k-analyzer*. (2002)

<http://www.kneubuehl.com/k-analyzer.html>

- Abb. 80      Auswertung, k-analyzer  
Kneubuehl, B.: *k-analyzer*. (2002)  
<http://www.kneubuehl.com/k-analyzer.html>
- Abb. 81      Auswertung, Microsoft Excel  
(Mac, OS X 10.7.5 Lion)
- Abb. 82      Auswertung, Microsoft Excel  
(Mac, OS X 10.7.5 Lion)

### **6.3 Verzeichnis der verwendeten Tabellen**

Tab. 1	Auswertung, Microsoft Excel (Mac, OS X 10.7.5 Lion)
Tab. 1.1	Auswertung, Microsoft Excel (Mac, OS X 10.7.5 Lion)
Tab. 2	Auswertung, Microsoft Excel (Mac, OS X 10.7.5 Lion)
Tab. 2.1	Auswertung, Microsoft Excel (Mac, OS X 10.7.5 Lion)
Tab. 3	Auswertung, Microsoft Excel (Mac, OS X 10.7.5 Lion)
Tab. 4	Auswertung, Microsoft Excel (Mac, OS X 10.7.5 Lion)
Tab. 5	Auswertung, Microsoft Excel (Mac, OS X 10.7.5 Lion)



## 6.4 Abkürzungsverzeichnis

$a$	Schußhöhe (Abstand Boden - Laufmündung)
$b$	Schußentfernung.
$cm$	Zentimeter
$C$	Ballistischer Koeffizient
$dE_q$	Verlust Querschnittsenergie
$dV_{100}$	Geschwindigkeitsverlust
$E$	Energie
$E_{ab}(s)$	Energieabgabe
$E'_{ab}(s)$	Gradient der Energieabgabe
$E_{q0} / q_{100} / etc$	Querschnittsenergie
$g$	Gramm
$i$	Formfaktor
$J$	Joule
$kV$	Kilovolt
$KS$	Kegelspitz
$lr$	Long Rifle
$m$	Masse bzw. Meter
$mAs$	Milliampererekunden
$mm$	Millimeter
$P$	Impuls
$P_A$	Auftreffpunkt
$P_B$	Abgangspunkt
$q$	Querschnittsbelastung
$s$	Sekunde bzw. Spurlänge
$S$	Querschnittsbelastung

$\tan$	Tangens
TAG	Torpedo-Alternativ-Geschoß
TIG	Torpedo-Ideal-Geschoß
TOG	Torpedo-Optimal-Geschoß
$V$	Geschwindigkeit
$V_0$	Anfangsgeschwindigkeit
$V_{50/100/etc.}$	Fluggeschwindigkeit 50 m / 100 m / etc.
$\alpha$	Auftreffwinkel
$\beta$	Abgangswinkel
$\gamma$	Seitenwinkel
$\varepsilon$	Stoßzahl
$\lambda$	Ablenkwinkel
$\sigma$	Reibungszahl
$\psi$	Der Anstellwinkel eines drallstabilisierten Geschosses
°	Grad
“	Inch / Zoll
%	Prozent

### **Danksagung**

Mein besonderer Dank gilt Herrn Privatdozent Dr. Peschel, der mir die Möglichkeit gab, die im Rahmen einer Famulatur entstandene Idee, eine Dissertation zum Themenbereich Jagd zu erstellen, zu verwirklichen. Für sein Interesse und die große Hilfsbereitschaft bei der Entstehung der Arbeit möchte ich mich herzlich bedanken.

Ebenso danke ich Herrn Assoz. Prof. PD Dr. Sebastian Kunz, der mir während der Planung, Umsetzung und Auswertung der vorliegenden Arbeit stets zur Seite stand und mir während der gesamten Zeit eine große Hilfe war.

Des Weiteren möchte ich mich bei allen Mitarbeitern des Instituts für Rechtsmedizin bedanken, insbesondere Frau Wieckowska, die mich zu jeder Zeit tatkräftig unterstützte.

Ein besonderer Dank gilt Herrn Ing. Stiefel vom Sachgebiet 207 (Waffentechnik) des Bayerischen Landeskriminalamtes in München, der ebenfalls maßgeblich an der Entstehung des Themas der vorliegenden Dissertation beteiligt war und mich kontinuierlich unterstützte. Außerdem möchte ich mich bei Herrn Dr. Eichner, Herrn Eur.Ing. Manthei und Herrn Ing. Gessinger bedanken, die durch ihr fortwährendes Interesse und ihre technische Unterstützung dieser Arbeit eine große Bereicherung waren.

Letztendlich wäre die vorliegende Arbeit nicht ohne die freundliche

Genehmigung und Unterstützung des Beschußamtes in München zustande gekommen. Hierfür einen großen Dank! Insbesondere sei dies an Herrn Kopp gerichtet, der mir vor, während und nach den Versuchen tatkräftig und kompetent zur Seite stand. Ein besonderer Dank auch an alle anderen Mitarbeiter, die an den vielen, interessanten Stunden im Schießkeller beteiligt waren.

Herrn Hadler von der Firma Ruag möchte ich ebenfalls danken, der mir durch zahlreiche Tipps und die freundliche Überreichung der Versuchsmunition eine große Unterstützung war.

Zudem gilt mein Dank Ritter v. Cruschtschow, sowie allen Mitarbeitern der Gothaer Versicherung (Spezialgebiet Jagd) für die gewährte Akteneinsicht - sowie dem Deutschen Landwirtschaftsverlag, insbesondere Herrn Jost Doerenkamp, für die Möglichkeit der Einsicht ins Archiv.

Auch Herrn Forstdirektor Schwartz sei herzlich gedankt, der mir jederzeit interessiert und helfend zur Seite stand.

Ganz herzlich möchte ich mich bei Herrn David Verhoff und meinem Kommilitonen Herrn Dr. Mattis Bertlich bedanken, die mir während der gesamten Zeit stets eine sehr große Hilfe waren. Auch Herrn Johannes Weisser, sowie Herrn Henrik Herrmann und Frau Dr. Julia Schlüssler sei herzlich für die Unterstützung und Beratschlagung gedankt. Herrn Dr. Matthias Bockmeyer und Herrn Dr. Axel Rühl und möchte ich ebenfalls aufrichtig danken. Zudem möchte ich Fräulein Helle Juhl Schulz von ganzem Herzen für Ihre Unterstützung während der Prüfungszeit danken.

Ein besonderer Dank gilt jedoch der Familie Jungklaus, insbesondere Herrn Dr. Roland Jungklaus (†), Dr. Almut Jungklaus, Yorck und Dr. Jesco Jungklaus, ohne die ich nie einen so ausgeprägten Bezug zur Jagd und Medizin entwickelt hätte.

Zuletzt möchte ich mich ganz herzlich bei meinen lieben Eltern bedanken, die mir die Möglichkeit gaben, das Waidwerk zu erlernen, dieses interessante Studium zu absolvieren und über solch ein Thema zu promovieren. Vielen Dank für Eure fortwährende Unterstützung und Motivation!

**Erklärung an Eides statt**

Hiermit erkläre ich

*Rolf Jürgen Eggersmann*

*geboren am 11.07.1984 in Nienburg a. d. Weser*

an Eides statt, daß ich die vorliegende Dissertation mit dem Thema

*Untersuchungen zum Abprallverhalten und Gefährdungspotential*

*von abgeprallten Jagdgeschossen*

*im Bereich des Grenzwinkels*

selbständig verfasst, mich außer der angegebenen keiner weiteren Hilfsmittel bedient und alle Erkenntnisse, die aus dem Schrifttum ganz oder annähernd übernommen sind, als solche kenntlich gemacht und nach ihrer Herkunft unter Bezeichnung der Fundstelle einzeln nachgewiesen habe.

Ich erkläre des Weiteren, daß die hier vorgelegte Dissertation nicht in gleicher oder in ähnlicher Form bei einer anderen Stelle zur Erlangung eines akademischen Grades eingereicht wurde.

München, den 4. Dezember 2015

Rolf Eggersmann